模具实用技术丛书

Moldflow 6.1 注塑成型从入门到精通

陈智勇　主编

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是关于 Moldflow 6.1 模流分析的专业书籍，全书内容包括注塑工艺的成型原理、注塑成型过程、塑胶材料数据库、塑胶材料的选择与材料属性、模流分析流程、模流分析要领、软件功能介绍、划分和修复网格、创建各种流道和水路、快速建模、最佳进浇位置分析、流道平衡分析、成型窗口分析、模流分析案例解释、改善制品翘曲变形及熔接痕分析、双色成型模流分析、Insert molding（包铁件）成型案例分析、光学双折射案例分析等。

书中案例皆取自实际操作，并辅以 DVD 光盘，重点突出 Moldflow 在注塑工业中的应用价值。本书适合于模具专业和工业设计专业的广大高职中专院校以及相关专业的师生学习使用，也可对模流分析工程师及相同领域的技术人员提供参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

Moldflow 6.1 注塑成型从入门到精通 / 陈智勇主编. —北京：电子工业出版社，2009.9
ISBN 978-7-121-09476-7

Ⅰ. M… Ⅱ. 陈… Ⅲ. 注塑－塑料模具－计算机辅助设计－应用软件，Moldflow 6.1 Ⅳ. TQ320.66-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 157262 号

责任编辑：李 洁 特约编辑：吴晓涛
印 刷：
装 订：
出版发行：电子工业出版社
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036
开 本：787×1 092 1/16 印张：17.75 字数：446 千字
印 次：2009 年 9 月第 1 次印刷
印 数：4 000 册 定价：45.00 元（含 DVD 光盘 1 张）

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前　言

Moldflow 是全球领先的塑料注塑成型生产解决方案计算机设计软件公司和咨询公司。该公司宣布，推出新的设计软件：Moldflow Plastics Insight（MPI）6.1，这是目前世界上功能最强大也是应用范围最广的计算机辅助工程分析软件。MPI 6.1 采用了最新的技术并且在原有的设计软件基础上添加了很多关键性功能，可以帮助使用者调查和解决潜在的设计难题。同时，比 CAE 软件具有更好的操作界面，能减少设计的时间，提高工作效率。

为什么写本书

现在仅有的一些书籍或 Moldflow 学习教材，不论是基础篇还是实例篇，读之总使人难有畅快淋漓的感觉，觉得仍然满足不了模流分析者的需求：基础篇偏重于软件操作的讲解，多倾向于介绍一些一目了然的东西，稍会 CAD 软件的人看之即可操作；到实例篇的时候，内容又似蜻蜓点水，相对于基础篇拔高不多。鉴于此我们团队决定编写这本书，希望能够对想学习模流分析的人或模流分析工作者有所帮助。

相对于同类书集，本书全面而深入地讲解 Moldflow 6.1 的分析功能及在实践中的应用。书中案例皆取自实际注塑成型，强力突出 Moldflow 在注塑工业中的应用价值。本书既可以引导初学者建立正确的学习塑料注塑成型技术的方向，同时又可以给模流分析工程师及相同领域技术人员提供很有价值的参考。

本书主要内容

本书对塑料成型计算机辅助工程分析软件 Moldflow 6.1 的操作及实际应用进行了详细的介绍。从 Moldflow 6.1 的基础入门学习到高阶案例分析与改善，全书共分为五大篇，分别为：

1．**注塑理论篇**　为了便于读者深入学习 Moldflow 6.1，系统地讲述注塑工艺的成型原理和成型过程，为读者指明学习方向。

2．**软件功能篇**　本篇主要讲述完整的模流分析流程，使读者可以在短时间内掌握模流分析的要领。

3．**初级实例篇**　为读者在 Moldflow 中快速建模打下坚实的基础。快速、准确地建模不仅减少分析前的准备时间，还可以迅速实现方案的改动与改善，缩短模流分析周期，提高作业效率。

4．**进阶案例篇**　本篇主要讲述创建适用不同制品造型的水路排布、完整序列分析前的冷却与填充优化分析，包括对模具设计具有重要意义的最佳进浇位置分析、流道平衡分析和成型窗口分析。

5．**高阶案例篇**　本篇首先通过多个案例讲述 Moldflow 分析模块在传统注塑成型中的应用，向读者全面展示模流分析技术对高精密注塑模具制造的指导价值，表现在成功预测多种塑胶制品成型上潜在的问题，可以使模具工程人员快速发现问题并及时给予解决，从源头上提高塑胶制品的品质及精度。并通过 Insert molding 和双折射成型讲述 3D 网格在模流分析中的应用，为读者在工作中遇到的大型、复杂、厚壁制品的模拟注塑分析开启新的篇章。

本书另有配套 DVD 光盘，其中收录了编写组精心录制的高清有声视频，以及书中部分案例的源文件 3D 档，便于读者更好地理解书中内容，边学边练。

目　录

第一篇　注塑理论篇 …… （1）
第 1 章　注塑基础知识 …… （2）
1.1　注塑原理 …… （2）
1.2　塑料的塑化 …… （2）
1.2.1　螺杆式塑化过程 …… （2）
1.2.2　柱塞式塑化过程 …… （3）
1.3　注塑过程 …… （3）
1.3.1　熔体在喷嘴区中的流动 …… （3）
1.3.2　熔体在模腔中的流动 …… （4）
1.3.3　开模顶出制品 …… （4）
1.4　模流分析相关专业知识介绍 …… （4）
1.5　模流分析前应掌握的信息 …… （5）
1.6　模流分析结果的指导性 …… （5）
本章小结 …… （6）
思考与练习 …… （6）
第 2 章　Moldflow 6.1 塑胶材料数据库 …… （7）
2.1　Moldflow 6.1 塑胶材料数据库增补 …… （7）
2.2　选择塑胶材料 …… （7）
2.3　塑胶材料属性 …… （11）
2.3.1　材料描述 …… （11）
2.3.2　推荐成型工艺条件 …… （12）
2.3.3　流变属性 …… （12）
2.3.4　热属性 …… （13）
2.3.5　PVT 属性 …… （14）
2.3.6　机械性能 …… （15）
2.3.7　收缩属性 …… （15）
2.3.8　填充物属性 …… （16）
2.3.9　光学属性 …… （17）
本章小结 …… （18）
思考与练习 …… （18）
第二篇　软件功能篇 …… （19）
第 3 章　Moldflow 6.1 分析流程介绍 …… （20）
3.1　文件另存 …… （20）
3.2　另存文件格式对网格划分的影响 …… （20）
3.3　编辑输出模型的精度 …… （21）
3.4　在 Moldflow 6.1 中新建工程项目 …… （21）
3.5　在 Moldflow 6.1 中输入 CAD 模型 …… （21）
3.6　划分网格 …… （24）
3.7　检查并修补网格 …… （25）
3.8　选择成型材料 …… （26）
3.9　确定最佳进浇位置 …… （26）
3.10　创建浇注系统 …… （27）
3.11　创建冷却系统 …… （28）
3.12　成型窗口分析 …… （28）
3.13　选择分析类型 …… （29）
3.14　设置成型工艺参数 …… （30）
3.15　立即分析 …… （31）
3.16　分析结果 …… （32）
3.16.1　屏幕输出结果 …… （32）
3.16.2　主要的流动分析结果 …… （34）
3.16.3　主要的冷却分析结果 …… （41）
3.16.4　主要的翘曲分析结果 …… （43）
本章小结 …… （45）
思考与练习 …… （46）
第 4 章　Moldflow 6.1 操作界面 …… （47）
4.1　标题栏 …… （47）
4.2　菜单栏 …… （47）
4.2.1　文件 …… （47）
4.2.2　编辑 …… （50）
4.2.3　视图 …… （52）
4.2.4　建模 …… （52）
4.2.5　网格 …… （53）
4.2.6　分析 …… （54）
4.2.7　结果 …… （58）
4.2.8　工具和窗口 …… （60）
4.2.9　工具栏 …… （60）
4.2.10　项目管理区 …… （60）
4.2.11　案例浏览区 …… （60）
4.2.12　图层管理区 …… （61）
4.2.13　主窗口和状态栏 …… （61）
本章小结 …… （62）
思考与练习 …… （62）

第 5 章　模型网格的划分和修补 …… （63）
5.1　网格的类型 …… （63）
5.2　模型的输入 …… （64）
5.3　网格的划分 …… （66）
5.4　检查网格质量 …… （68）
5.5　优化网格 …… （69）
5.6　网格的诊断 …… （71）
5.6.1　调入网格诊断工具栏 …… （71）
5.6.2　网格缺陷诊断介绍 …… （71）
5.7　网格的修补 …… （84）
5.7.1　调入网格修补工具栏 …… （84）
5.7.2　修补问题网格 …… （85）
本章小结 …… （101）
思考与练习 …… （101）
第三篇　初级实例篇 …… （103）
第 6 章　建模范例 …… （104）
6.1　调入建模工具条 …… （104）
6.2　创建节点 …… （104）
6.3　创建曲线 …… （107）
6.4　创建曲面 …… （112）
6.4.1　边界创建区域 …… （112）
6.4.2　节点创建区域 …… （112）
6.4.3　拉伸创建曲面 …… （113）
6.4.4　直线创建区域 …… （114）
6.4.5　边界创建孔 …… （114）
6.4.6　节点创建孔 …… （115）
6.5　创建模具镶件 …… （115）
6.6　创建局部坐标系/建模基准面 …… （116）
6.7　移动/复制 …… （117）
6.7.1　平移 …… （118）
6.7.2　旋转 …… （118）
6.7.3　点旋转 …… （119）
6.7.4　缩放 …… （120）
6.7.5　镜像 …… （121）
6.8　建立浇注系统 …… （122）
6.8.1　创建浇口 …… （122）
6.8.2　常用浇口的创建方法 …… （123）
6.8.3　创建流道 …… （144）
6.8.4　分流道的形状 …… （147）
6.8.5　创建主流道 …… （150）
6.8.6　创建完整的浇注系统 …… （152）
6.8.7　型腔复制向导 …… （154）
6.9　检查型腔连通性 …… （156）
6.10　设置进料点 …… （156）
本章小结 …… （157）
思考与练习 …… （157）
第四篇　进阶案例篇 …… （159）
第 7 章　创建冷却系统 …… （160）
7.1　冷却回路排布向导 …… （160）
7.2　隔板式水路和喷泉式水路 …… （162）
7.2.1　隔板式水路 …… （162）
7.2.2　喷泉式水路 …… （165）
7.3　箱类制品 …… （167）
7.3.1　创建母模侧水路 …… （168）
7.3.2　创建公模侧水路 …… （170）
7.3.3　其他常用冷却管道排布方法 …… （172）
7.4　设置冷却液入口 …… （172）
7.5　模具边界向导 …… （174）
本章小结 …… （175）
思考与练习 …… （175）
第 8 章　最佳浇口位置和流道平衡分析实例 …… （176）
8.1　最佳浇口位置分析 …… （176）
8.2　最佳浇口位置分析结果解析 …… （177）
8.3　流道平衡分析 …… （180）
8.4　流道平衡优化前后分析结果对比 …… （183）
8.4.1　流道尺寸优化前后充填时间对比 …… （185）
8.4.2　流道尺寸优化后速度/压力切换时的压力 …… （185）
8.4.3　充填结束时的压力 …… （186）
8.4.4　锁模力：X Y 图 …… （186）
本章小结 …… （187）
思考与练习 …… （187）
第 9 章　成型窗口分析实例 …… （188）
9.1　设置过程 …… （188）
9.2　分析结果解析 …… （189）
9.2.1　质量（成型窗口） …… （190）
9.2.2　区域（成型窗口） …… （190）

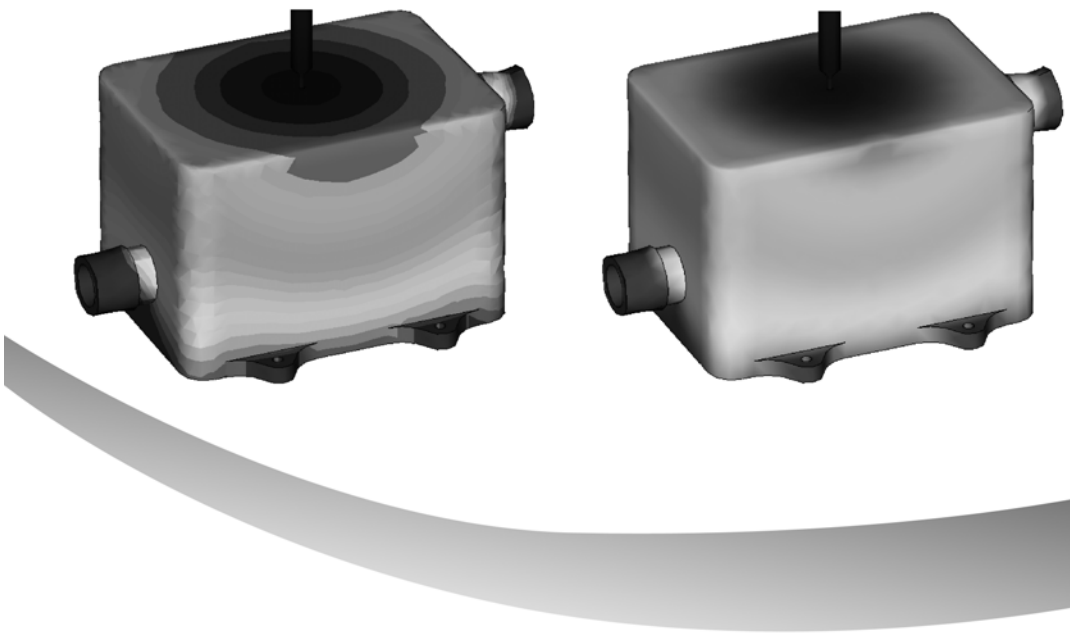
本章小结 …… （192）
思考与练习 …… （192）
第五篇　高阶案例篇 …… （193）
第 10 章　传统注塑成型模拟分析案例 …… （194）
10.1　冷却+流动+翘曲分析范例 …… （194）
10.1.1　制品的品质要求 …… （195）
10.1.2　选择分析类型与成型材料 …… （195）
10.1.3　设置工艺参数 …… （195）
10.1.4　编辑冷却液属性 …… （200）
10.1.5　分析结果解析 …… （201）
10.1.6　主要的流动分析结果 …… （202）
10.1.7　主要的冷却分析结果 …… （212）
10.1.8　主要的翘曲分析结果 …… （216）
10.2　改善制品翘曲变形范例 …… （221）
10.2.1　引起翘曲的原因 …… （221）
10.2.2　改善措施 …… （221）
10.2.3　改善效果 …… （222）
10.2.4　改善前后结果对比列表 …… （227）
10.3　综合考量冷却系统排布范例 …… （227）
10.3.1　从制品冷却速率考量水路排布 …… （228）
10.3.2　从模具成型结构考量水路排布 …… （231）
10.3.3　冷却效果 …… （232）
10.4　改善熔接痕范例 …… （234）
10.4.1　原始进浇方案熔接痕分布 …… （235）
10.4.2　改善进浇方案后熔接痕分布 …… （236）
10.5　收缩分析应用范例 …… （237）
10.5.1　影响制品收缩的因素 …… （237）
10.5.2　冷却+流动+收缩分析范例 …… （238）
本章小结 …… （244）
练习与思考 …… （244）
第 11 章　双色成型模流分析 …… （246）
11.1　双色成型分析设置过程 …… （246）
11.2　双色成型分析重要结果 …… （249）
11.3　双色成型问题点及解决方法 …… （251）
本章小结 …… （251）
思考与练习 …… （252）
第 12 章　Insert molding 成型案例分析 …… （253）
12.1　Insert molding 成型原理 …… （253）
12.2　Insert molding 分析前处理 …… （253）
12.3　编辑 Insert 属性 …… （257）
12.4　创建浇注系统 …… （258）
12.4.1　复制型腔 …… （259）
12.4.2　创建爬坡式流道 …… （259）
12.5　Insert molding 分析结果解析 …… （260）
12.6　Insert molding 成型常见问题与解决方案 …… （263）
本章小结 …… （263）
思考与练习 …… （264）
第 13 章　光学双折射案例分析 …… （265）
13.1　光学双折射原理 …… （265）
13.1.1　自然光和偏振光 …… （265）
13.1.2　晶体双折射现象 …… （265）
13.2　热塑性材料应力双折射现象 …… （266）
13.3　热塑性材料应力双折射流程 …… （266）
13.3.1　导入制品模型 …… （266）
13.3.2　设置成型工艺和分析类型 …… （267）
13.3.3　选择成型材料 …… （267）
13.3.4　划分 3D 网格 …… （268）
13.3.5　创建浇注系统 …… （270）
13.3.6　创建冷却系统 …… （270）
13.3.7　成型参数设置 …… （271）
13.3.8　双折射分析结果 …… （272）
本章小结 …… （275）
思考与练习 …… （276）

第一篇

注塑理论篇

◆ 第 1 章　注塑基础知识

◆ 第 2 章　Moldflow 6.1 塑胶材料数据库



第 1 章　注塑基础知识

Moldflow 是从事塑料制品计算机辅助工程分析的 CAE 软件的先驱者，自发行世界上第一套流动分析软件以来，一直主导着塑料 CAE 软件市场。

为了便于大家深入学习 Moldflow，将在以下几小节系统地讲述注塑工艺的成型原理和成型过程。

1.1　注塑原理

注塑是将塑料熔体以高压高速注入闭合的模具型腔内，经冷却定性后，得到和模具型腔一致的塑料制品的成型方法。

用注塑的方法加工塑料制品，不仅精度高、质量好，而且生产效率高，可以加工出外形复杂、花纹精细的模制品。塑料因具有美观轻巧、耐磨耐腐蚀、优异的绝缘性能，已备受人们关注。随着经济的发展和科学技术的进步，使用塑胶制品的数量与日俱增，并且广泛应用于国民经济各个部门。

注塑的必要条件为：①塑料必须以熔融状态注入型腔；②熔融塑胶必须具有足够的压力和速度，以保证能及时充满型腔。注塑机必须具备塑化、注射和成型三个基本功能。注塑机主要由注射装置和锁模装置两大部分组成。注射装置的主要功能是完成塑料的塑化和注射。因此注塑装置应具有塑化良好、计量精确，且在注射时能给熔融塑胶提供足够的压力和速度。锁模装置应确保模具能可靠开合，使模具完成成型的基本功能。锁模装置应具有足够的锁模力，以防止注射时，高压熔体将模具撑开，使制品产生溢边或精度下降。

1.2　塑料的塑化

注塑中的塑化过程是将固体状的塑料粒料（或粉状料）经过加热、压实、混炼，使之转变为均化的黏流态的过程。所谓均化，是指将塑料熔体混合，使之温度达到均匀分布，并使塑料熔体具有均匀的密度、黏度和组分。因此，在塑化过程中，最重要的是应该保证塑料熔体能达到要求的温度，并能保证塑料熔体的温度具有最大的均匀性。所以，影响塑化过程的重要因素是热量导入和转换条件。

1.2.1　螺杆式塑化过程

塑料通过转动的螺杆的输送作用，不断沿螺槽方向向前运动。塑料在这种运动的过程中，经历了料筒的加热、螺杆摩擦热及剪切热的共同作用，逐步受热软化，最后成为熔体（即处于熔融黏流状态）。熔体在螺杆的转动作用下被推至螺杆头部并储存在料筒前端的头部（即存料区），随着存料区熔体的增多，熔体在存料区内占用的空间也逐步变大，存料区中熔体对螺杆产生反作用力，反作用力作用于螺杆上推动螺杆往后退，螺杆能否后退及后退速度的大小取决于螺杆后退时所要克服的各种阻力的大小（如摩擦阻力、注射油压缸内工作油的回泄阻力即注射油缸的背压）。螺杆后退至一定距离后，停止转动，存料区总熔体体积（即注射量）

也就被确定下来，此时预塑计量过程便结束。注射时，螺杆作轴向移动，将存料区中经计量好的熔料射入模腔中。

综上所述，塑料在注塑螺杆中的塑化过程分为三段，依次为固体输料区、熔融区、熔体输送区。注塑螺杆的塑化过程主要发生在螺杆的熔融区。

塑料熔体在螺槽内作横向流动，使塑料熔体在螺槽内产生翻转运动并形成环流，这样就促进了物料的混合，所以在径向上熔体温度可达到很大程度的均匀性。

注塑螺杆工作时一边转动一边后退，注塑螺杆的塑化过程是螺杆轴向后退移动的计量过程，螺杆的后退使螺杆的有效工作长度减短，这样塑料在注塑螺杆的一次塑化过程中，先前和其后加入的塑料所受的热经历就存在明显差异。因为注塑螺杆的塑化能力随螺杆有效工作长度的缩短而逐渐下降，同时塑化了的熔体温度沿螺杆轴向长度上的分布是不均匀的。在轴向上仍然保持一定程度上的不均匀性。

1.2.2　柱塞式塑化过程

塑化时，在注射油缸的作用下，柱塞把落入料筒内的定量塑料依次推入料筒前端，依靠料筒加热器的加热，塑料逐步从玻璃态转化为黏流态，而料筒前端已经先熔化处于黏流态的熔体，则被柱塞依次推出，熔体经喷嘴注射到模具的模腔中，从而完成注射过程。

综上所述，柱塞式塑化装置的塑化过程和注射过程是统一的，能在柱塞推进过程中同时完成。由于料筒的物料经历的热历程不一样，所以物料的物理状态也不一样，在料筒中原则上存在着两个不同的区域：在靠近料筒前端的那一部分加热温度高，所以物料得到的热量多，且被熔化为黏流态，此即熔体黏流区；而靠近落料口的物料则呈玻璃态，此即固体料区。

柱塞式注塑机塑化时，靠加热的料筒把热量传递给塑料使其软化和熔融，但物料的混合程度较差，料筒中的塑料熔体无论在横截面上（径向）或是在长度方向上（轴向），都存在很大的温度梯度。

1.3　注塑过程

已塑化的塑料以熔融状态储存于机筒的存料区中，在螺杆注射压力的作用下，熔料以一定的速率流经机筒、喷嘴、模具浇注系统等处而注入模腔中。螺杆注射时作用在熔料上的压力因要克服熔料所流经的各部分流动阻力而逐渐下降。熔料能否充满模腔，主要取决于注射压力、注射速率、熔料温度、模具温度、浇口及喷嘴的形状与尺寸等因素。在其他工艺条件一定的情况下，熔料所能流过的路程长短，主要取决于熔料的压力和流动速度。

1.3.1　熔体在喷嘴区中的流动

喷嘴是注塑机的机筒与模具之间的连接装置。当注射时，在螺杆推力的作用下，熔体以很高的流动速度通过喷嘴而流入模腔。当熔体以高速流经小孔径的喷嘴时，会受到很大的剪切作用，此时有部分压力能经阻力损失而转变成热量，使熔体温度升高，并起到进一步塑化和均化作用。此外，另一部分压力将转变成速度能，使熔体流速加快。因此，喷嘴结构及尺寸影响注射时熔体的压力损失和温度变化。

1.3.2 熔体在模腔中的流动

在塑料的注塑过程中，模腔压力随注射时间的变化而变化。由于影响模腔压力大小和分布的因素很多，诸如注射装置的类型、制品和模具结构、成型工艺条件等。所以在加工同一种制品时，所使用的注射压力相差很大。成型制品的质量与熔料在注射充模时的状态有密切的关系，而充模压力则是描述熔料流动及其状态变化的重要参数。

根据注射过程模腔压力的变化情况，把注射过程划分为如下五个阶段。

（1）充模阶段。塑料熔体经浇口注入模腔内并逐步充满模腔。

（2）压实阶段。在注射压力的作用下，把模腔内的熔料压实增密，模腔压力急剧上升至最大值。

（3）保压阶段。模腔内物料因模具的冷却作用而产生收缩，在保压压力作用下，少量的熔体流入模腔进行补料增密，此阶段的模腔压力开始缓慢下降。

（4）倒流阶段。此阶段只发生在模具浇口没有封闭，而保压时间提前结束时的情况，此时，模腔内高压熔体将向外倒流，模腔压力快速下降，直至浇口封闭时为止。

（5）冷却阶段。因浇口已封闭，此时没有熔料进入或倒流出模腔，模腔压力将随冷却而逐步下降，直至开模顶出制品为止。

1.3.3 开模顶出制品

开模顶出制品是成型周期的最后一个阶段。开模顶出时间是影响注塑机生产效率的关键因素之一，同时对制品顶出后的后续变形和尺寸稳定性有着重要的影响。

对于非结晶型材料，确定开模顶出制品的时间应同时满足以下两个条件：

（1）压力条件。开模顶出时，膜腔内压力应为零。

（2）温度条件。模腔内制品截面的温度情况决定了制品的冷凝层厚度。为了提高制品尺寸的稳定性，应把中心层温度达到玻璃化温度时的时间作为确定开模顶出时间的另一个条件。

1.4 模流分析相关专业知识介绍

鉴于模流分析涉及内容之广，涵盖范围之宽，建议从事模流分析的读者多留意以下知识：

（1）模具基础知识、模具结构。应对两板模和三板模及特殊模的模块结构熟悉掌握，这样才能准确确定进浇位置，浇口类型及尺寸，流道形状与尺寸，进行可行的最佳运水管道排布。

（2）注射工艺条件的掌握。注射工艺条件包括料筒各段温度、注射各段压力、注射各段压力作用时间、保压各段压力、保压各段压力作用时间、不同塑料材质制品的冷却等。

（3）常用塑胶材料的特性和成型性能。不同的塑料材质、不同的产品、不同的穴数，采用的浇口尺寸和浇口类型不同；不同的流道长度采用的流道尺寸也不同。这些须在设计阶段定出方案，而不是等到试模后出现问题再改模。

（4）了解有限元理论、流体力学。这些知识将悉数运用到模流分析中，通过模流软件这一集成转换者，使理论产生具有指导实际生产的价值，从而实现模流分析师自身的价值。

1.5　模流分析前应掌握的信息

在对一个产品进行模流分析前，应了解产品的基本信息和开模信息。

（1）完好无损的产品 3D 模型。完好无损的产品 3D 模型可以保证顺利转档。如产品有破损面或线，应及时请设计师修补完好。有些破损的结构很难修补，所以应在准备之初检查产品的完好性，以免延误分析的进行。

（2）塑料材质的具体牌号。尽量得到客户要求使用的塑胶材料的具体牌号。有些分析师认为只要是同种塑料材质就可以了，例如，客户要求用 PP 料，那就任意找一种 PP 料来进行分析。殊不知这是一个误区。同一种塑料材质，分子量不同，分子链有异，添加剂不同，都会引起塑料材质流动性和成型性能的差异。很多相同材质但不同牌号的塑料材质的成型性能相差甚远，所以在分析时若不是选用客户指定的塑胶或性能相近的牌号，分析的结果可能和实际的成型有很大出入，产品很多潜在的问题没有及时、真实地反映出来，既延误了设计阶段对产品的合理修改，又可能会在试模时出现诸多成型上的问题。

（3）客户对产品品质的具体要求。包括产品表面的粗糙度、能否出现熔接痕、熔接痕的位置、是否允许有明显缩水痕迹存在、是否允许留有浇口去除痕迹、是否允许局部拆模线痕迹等要求。这就需要考量产品的进浇方式和进浇位置、拆模构架等。

（4）客户预想的排模穴数。如客户在前期已提出排模穴数，可针对性地确定出合适的浇注系统尺寸。

1.6　模流分析结果的指导性

（1）查看有无短射现象。可在分析信息结果输出中查看型腔的填充是否达到 100%。查看产品上是否存在滞流的地方，如果是肉厚太薄，可建议客户将肉厚加至合理厚度。

（2）射压是否太高。有时对于一些薄壁产品，即使在模流分析时可在高射压下射饱，但实际试模时机台会由于模具锁模能力的限制而不能将注射压力调得太高，否则产品会出现大量毛边。一味增加锁模力会缩短模具的使用寿命，严重的会压坏合模面，所以应提前建议客户修改产品肉厚，尤其对一些精密度高的产品。

（3）产品不同部位收缩不均。产品不同部位收缩差异较大时就很难保证重要管控尺寸的精度，给型腔放缩水带来困难。产品上收缩值高的部位容易出现缩水。如果产品上肉厚部位可以通过修改产品工艺提前得到改善，既可以保证产品的外光靓丽，又可以节约塑胶原料，而且成型参数更容易控制。

（4）产品表面出现明显缩水。在多次改变工艺参数的情况下缩水仍无明显改善，尤其当大型产品整体肉厚差异较大，但很难做出大面积改动时，应考虑的改善途径包括进浇位置和进浇方式、改变模穴排布、缩短流道长度，以减少压降。

（5）熔接痕出现在产品表面。如果熔接痕较为明显或熔接痕出现在产品表面不能被接受，多数情况下需要改变浇口位置；当有两个或以上浇口时，可以通过调节浇口的大小和流道的尺寸来控制各浇口的进胶量以驱赶熔接痕。

（6）气穴出现在肉薄处与结构复杂处。在这些区域可以考虑将成型机构分割成模块，在这些模块间会出现装配间隙，提供模型内气体的排出通道。

（7）产品不同部位应力残留。残余应力值较高、差异较大时，可以考虑选用敞口型浇口，如类薄膜型浇口，降低射压，使压力在型腔内传递流畅，同时提高压力的传递效率，均化压力分布，减少应力残留。

（8）产品变形量。首先查看产品的变形量是否在可接受范围内。如果产品的变形量超出允许的范围，应查看引起产品翘曲的主要原因，再从根源上制定出改善产品翘曲的措施。

M

本章小结

本章主要讲述基本的注塑成型知识和熔融塑胶在型腔内的填充行为。Moldflow 软件可以形象地展现熔融塑胶在型腔内的流动行为以及在不同的流动行为下出现的成型问题，从而使模具工程人员在模具设计段就能够根据模流分析结果对产品结构或模具结构进行优化，避免潜在的成型问题。

思考与练习

1-1　注塑机的塑化方式有哪几种？并简述塑化过程。
1-2　列举不同塑化方式的特性。
1-3　注塑过程分哪几段？
1-4　简述熔融塑胶在模具型腔内的流动。
1-5　在模流分析前应做哪些准备工作？
1-6　总结模流分析的指导意义。

第 2 章　Moldflow 6.1 塑胶材料数据库

Moldflow 6.1 的塑胶材料数据库中收录了丰富、全面的塑胶材料信息。数据库中的每一种塑胶材料都有针对该材料的属性推荐的成型工艺条件；很多种材料定义了 PVT 数据、收缩属性参数和各向异性机械性能参数。用户在为分析案例选择材料时，可以根据已知的材料信息，在数据库中通过不同的途径选择合适的塑胶材料。

2.1　Moldflow 6.1 塑胶材料数据库增补

在 Moldflow 6.1 中，塑胶材料数据库进行了内容上的增补，使材料数据库质量得到提升。改进的材料数据显示在材料数据发表日志里，用户可以在 MPI 交流中心自行下载。以下是改进的内容：

1）更新的热塑性材料数据库

（1）供应商总数已达 376 家，包括 14 家新添加的供应商。

（2）热塑性塑胶材料总数已达 7734 种，包括新添加 322 种、删除 196 种、改进 1275 种。其中：

① 3696 种材料定义了 PVT 数据。

② 1521 种材料有收缩数据。

③ 改进 Moldflow 中材料机械性能数据。

④ 多于 470 种塑胶新增熔体流动速率或熔体流动指数。

⑤ 材料数据中新添材料光学属性，支持新的 3D 光学双折射分析。

2）更新的热固性材料数据库

新添 11 种热固性塑胶材料。

3）更新的模具钢材质数据库

模具钢材质数据库引入更加精确的机械性能数据和热性能数据。

P20 模具钢材（系统默认的模具钢材质）的弹性模量、泊松比和热膨胀系数（MET）都已经过更新。

【注意】 利用更新数据后的模具钢进行冷却分析、Insert molding 分析和型腔移位分析，分析的结果会与数据更新前有所不同。

2.2　选择塑胶材料

在进行分析之前，先选择成型产品的塑胶材料。单击“分析”按钮，在其下拉菜单中选择“选择材料”指令，或直接单击案例浏览区内默认的 PP 料，弹出“选择材料”对话框，如图 2-1 所示。

1）常用材料

列表里存放的是经常用到的塑胶材料，选择时直接单击相应的塑胶牌号即可。可以在“文件”、“参数设置”对话框“概述”页面中设置列表中最多材料数量。已经存在于列表中的材

料可以通过右侧的“删除”按钮进行删除。

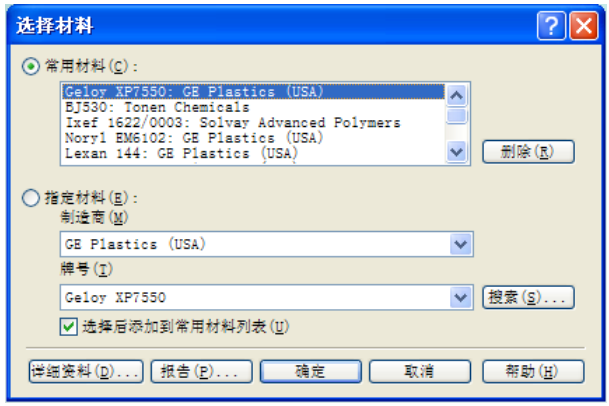


图 2-1 “选择材料”对话框

2）指定材料

先在“制造商”下拉列表里选择制造商的名称，之后在“牌号”下拉列表里会显示这个制造商名下在录的不同牌号的塑胶材料。由于制造商名录是以英文字母顺序排序，塑胶牌号是以数字排序，有时难以快速找出目标制造商。如果对材料的信息掌握得比较全面，可以通过其他方式查找。被选中的材料，它的牌号和制造商名称会出现在相应的文本框里。

3）搜索

单击“牌号”右侧的“搜索”按钮，出现“搜索标准”对话框，如图 2-2 所示。在“搜索标准”对话框里可以通过不同途径搜索塑胶材料。

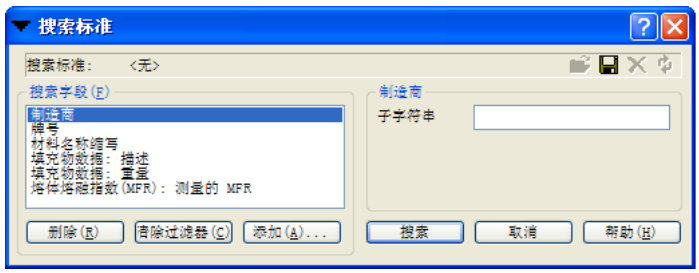


图 2-2 “搜索标准”对话框

（1）制造商。在右侧文本框里输入制造商的名称，如 Nytex、Hoechst 等，针对性比较低。

（2）牌号。在右侧文本框里输入材料的牌号，如 7550、7350 等，针对性很强。输入完整的牌号时，如果这种塑胶材料存在于 Moldflow 材料库里，就可以直接找到。

（3）材料名称。塑胶材料的品名，如 PC、ABS 等，针对性比较低。

（4）填充物数据。根据填充物的名称、重量等，一般配合其他途径选材。

（5）熔体熔融指数（MFR）。熔融塑胶在一定载荷下每 10min 通过一定口径的流量。分别输入最小熔融指数和最大熔融指数。

选材途径除“牌号”外，其他几项一般要结合起来运用才能快速找到需要的塑胶材料。

以上几种为默认的选择途径，在“搜索标准”对话框最下一排按钮中选择“添加”按钮，弹出“增加搜索范围”对话框，如图 2-3 所示，可以通过更多反映塑胶材料属性的方式或数据寻找适合的成型材料。

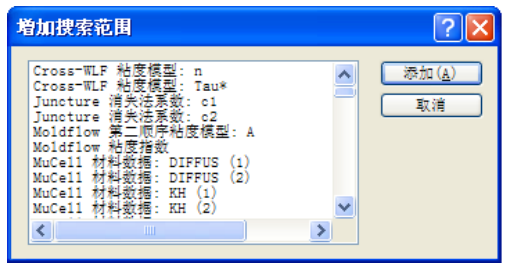


图 2-3 “增加搜索范围”对话框

如果材料库里没有要找的塑胶，可以找一种性能相近的塑胶代替，既可以找同一厂家生产的牌号相近的其他塑胶，也可以找不同厂家生产的同种牌号的塑胶。在“牌号”文本框里输入一种 PC+ABS 料的牌号“7550”，如图 2-4 所示。

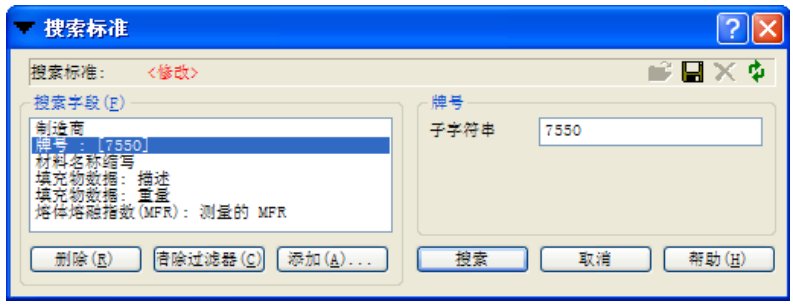


图 2-4　输入塑胶牌号

单击“搜索”按钮，弹出“选择　热塑性塑料”对话框，列表中是牌号含有 7550 的塑胶，如图 2-5 所示。

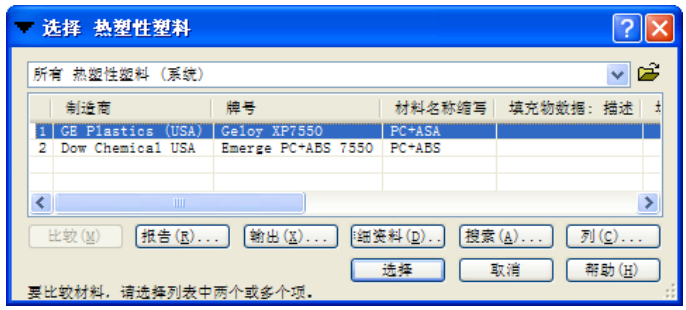


图 2-5　“选择　热塑性塑料”对话框

向右拖动滚动条，查看这两种材料的其他属性，如防火等级、填充物、熔体熔融指数等信息。单击“GE”公司的产品。对话框下方有一排功能按钮。

（1）报告。对材料测试数据及测试方法的描述。

（2）输出。将图 2-5 中显示的塑料信息另存。

（3）搜索。重新搜索材料。

（4）列。单击“列”按钮，弹出“列”对话框，如图 2-6 所示。选择需要显示在“选择　热塑性塑料”对话框里描述塑料信息和塑料属性的选项。

（5）比较。比较不同塑料属性数据。在“选择　热塑性塑料”对话框里选中不同的塑料，

单击“比较”按钮，弹出“材料测试方法与数据比较报告”列表，如图 2-7 所示。这两种塑料已收入数据库的信息都会显示在列表中。

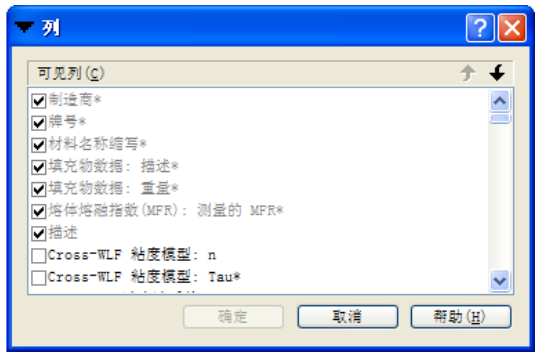


图 2-6 “列”对话框

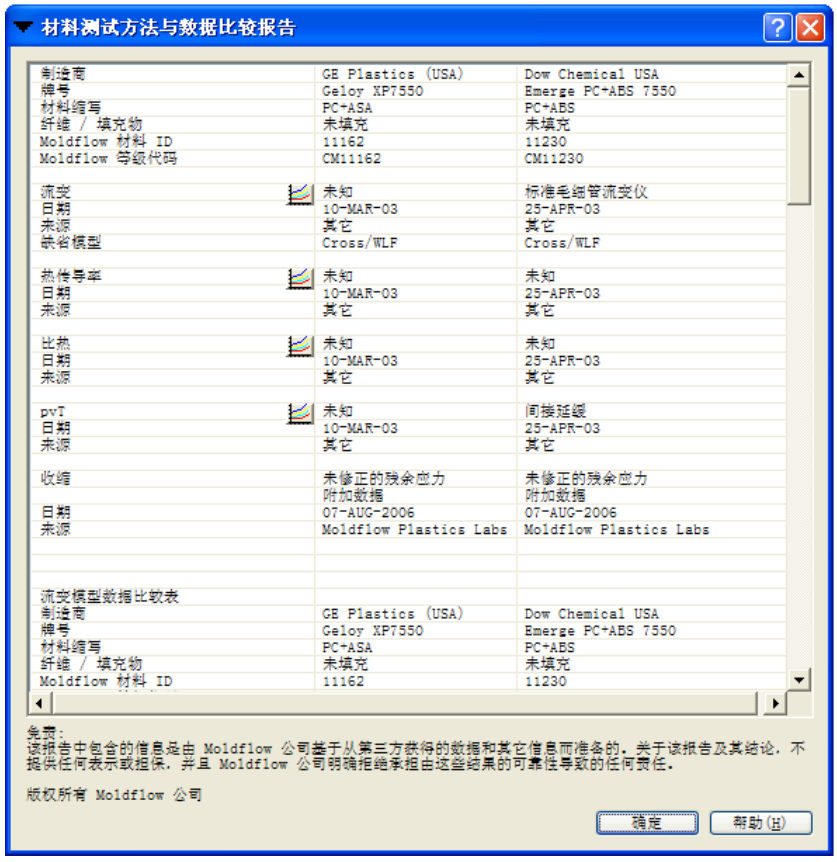


图 2-7 “材料测试方法与数据比较报告”列表

（6）详细资料。在材料的“详细资料”对话框中从九个方面详细描述塑胶材料的信息。在 2.3 节里将进行重点讲述。

选定材料后单击“选择”按钮。选中的塑胶材料信息会出现在图 2-1“选择材料”对话框“制造商”和“牌号”列表里。

勾选“选择后添加到常用材料列表”复选框，选择的材料会被自动添加入“材料列表”中。

使用频率低的塑胶可以删除，方便快捷查找。选中要删除的塑胶，单击“删除”按钮即可。

最后单击图 2-1 中的“确定”按钮，新选择的塑胶显示在案例浏览区。如需查看材料属性，直接选中塑胶，单击右键，选择相应的选项，如图 2-8 所示。

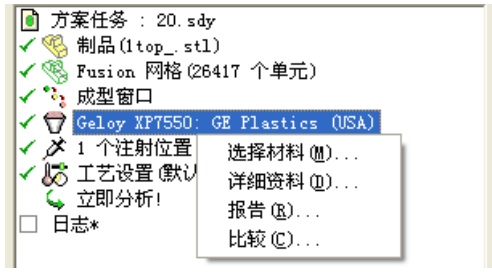


图 2-8　查看材料属性

2.3　塑胶材料属性

选中案例浏览区显示的塑胶材料 Geloy XP7550，单击右键，选择“详细资料”命令，弹出“热塑性塑料”属性对话框，如图 2-9 所示。下面将详细讲述属性对话框内显示的信息。



图 2-9　“热塑性塑料”属性对话框

2.3.1　材料描述

牌号为 Geloy XP7550 的 PC+ABS 的材料信息从上至下包括：

（1）种类。混合型材料。

（2）牌号。Geloy XP7550。

（3）制造商。GE 塑料，产地美国。

（4）材料名称缩写。PC+ABS。

（5）材料类型。无定形材料，也就是非结晶形材料。

（6）数据来源。材料特性数据来源。

（7）最后修改日期。Geloy XP7550 参数数据最近修改日期。

（8）测试日期。此种材料最初的测试时间，部分材料测试日期未加注明。

（9）数据状态。非机密型。

（10）纤维/填充物。有无填充物以及填充物的类型。

（11）其他信息。材料 ID、等级代码、供应商代码。

2.3.2 推荐成型工艺条件

Moldflow 推荐的 Geloy XP7550 成型工艺如图 2-10 所示。系统给出了合理的成型工艺参数范围，对于 Moldflow 用户和调机人员有很好的参考价值。

推荐的成型工艺包括：

（1）模具表面温度——68℃。

（2）熔体温度——255℃。

（3）模具温度范围（推荐）——48℃～87℃。

（4）熔体温度范围（推荐）——240℃～270℃。

（5）绝对最大熔体温度——310℃。塑胶在填充过程中超过这个温度就会发生降解。

（6）顶出温度——90℃。产品在型腔内降到这个温度时强度已经足够高，可以开模顶出。

（7）最大剪切应力——0.4MPa。熔体受到的剪切力不宜超过该塑胶能承受的最高剪切力。

（8）最大剪切速率——40000s^{-1}。熔体的剪切速率不宜超过该塑胶能承受的最高剪切速率。



图 2-10　推荐的成型工艺

2.3.3 流变属性

如图 2-11 所示，系统给出了 Geloy XP7550 的默认黏度模型——cross-WLF。单击右侧的“查看黏度模型系数”按钮，查看该模型黏度参数，如图 2-12 所示。

单击“绘制黏度”按钮，弹出 Geloy XP7550 黏度、剪切速率和温度的曲线图，如图 2-13 所示。图中显示在四种温度下（每一种温度对应不同的颜色和图标形状），黏度和剪切速率的关系。在相同温度下，剪切速率越高，塑胶黏度越低；剪切速率相同时，温度越高，塑胶黏度越低。单击对话框左下角的“查询“按钮，查询具体的黏度值。温度为 270℃，剪切速率由 1.000s^{-1} 增加至 10000s^{-1} 时，黏度便由 973.8Pa/s 降至 35.7Pa/s；在剪切速率接近 100s^{-1} 时，当温度由 270℃降为 240℃时，黏度便由 411.2Pa/s 上升为 907.2Pa/s。所以在注射过程中，增加剪切率和提高熔体温度都是降低熔体黏度、改善塑胶流动性的途径。

在流变特性中，系统给出了塑胶材料的转化温度，也就是塑胶的玻璃态温度。Geloy

XP7550 的转化温度为 108℃。



图 2-11　流变属性



图 2-12　“Cross WLF 黏度模型系数”对话框

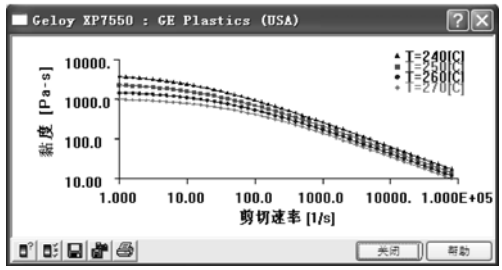


图 2-13　黏度、剪切速率和温度曲线图

2.3.4　热属性

图 2-14 是 Geloy XP7550 的热属性。“比热容数据”栏显示的是不同温度下，材料的比热容值和加热/冷却速率。单击“绘制比热容数据…”按钮，可以更直观地观察 Geloy XP7550 的“比热容 vs 温度”的关系，如图 2-15 所示。

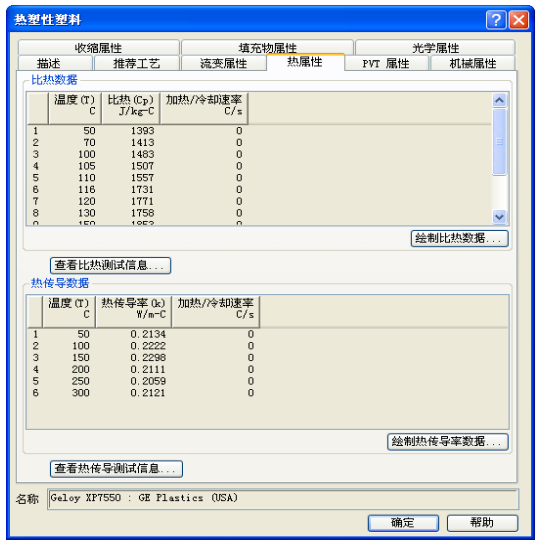


图 2-14　热属性

“热传导数据”栏显示的是在不同温度下，材料的热传导率和加热/冷却速率。单击“绘制热传导率数据…”按钮，可以更直观地观察 Geloy XP7550 的“热传导率 vs 温度”的关系，如图 2-16 所示。

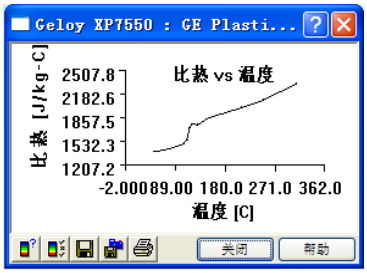


图 2-15 “比热容 vs 温度”曲线图

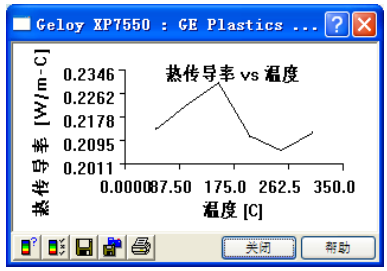


图 2-16 “热传导率 vs 温度”曲线图

2.3.5 PVT 属性

图 2-17 是 Geloy XP7550 的 PVT 属性。

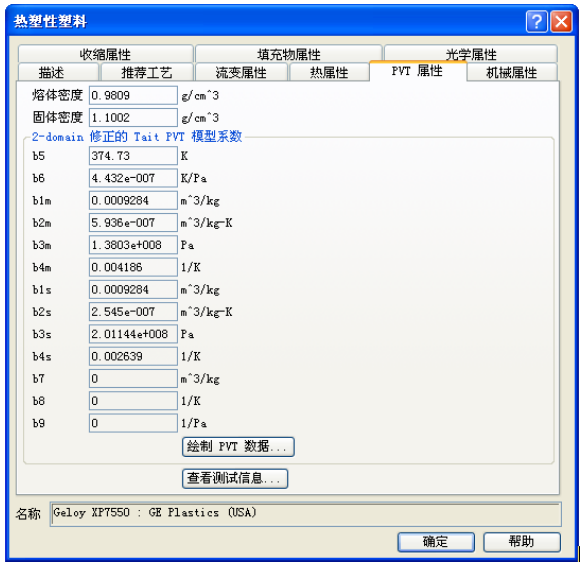


图 2-17 PVT 属性

PVT 是 Pressure Volume Temperature 这三个英文单词第一个字母的缩写，即压力、体积、温度。塑胶的 PVT 属性显示的是塑胶在不同压力、不同温度下体积的变化。这三个量在模具的设计阶段十分重要。设计师会依据成型材料的 PVT 值对型腔做出正确的放缩水。另外在试模时，调机师同样需要参考成型材料的 PVT 值，使注射压力不至过高，否则可能因型腔内塑胶体积膨胀损坏模具。

单击“绘制 PVT 数据…”按钮，弹出“体积比容 vs 温度”曲线图，如图 2-18 所示。图中显示在五种不同载荷下（每一种载荷对应不同图标形状），温度和体积比容的关系。在相同载荷下，塑胶体积会随着温度的升高而膨胀；温度相同时，载荷越大，塑胶的体积越小。单击对话框左下角的“查询”按钮，查询具体的黏度值。载荷为 100MPa，温度由 25℃升至

270℃时，塑胶的体积也由 0.8939mm^3/g 变为 0.9778mm^3/g；温度为 170℃不变，载荷由 0MPa 增加至 200MPa 时，塑胶的体积由 0.9688mm^3/g 缩小至 0.8794mm^3/g。在注射过程中，塑胶的体积会随着温度的降低而收缩；保压阶段，在保压压力补缩的作用下将型腔内的塑胶压实，维持塑胶体积不变；冷却阶段和开模后，在温度由高温降至室温这一段时间内，塑胶产品会继续收缩，直至产品尺寸稳定为止。

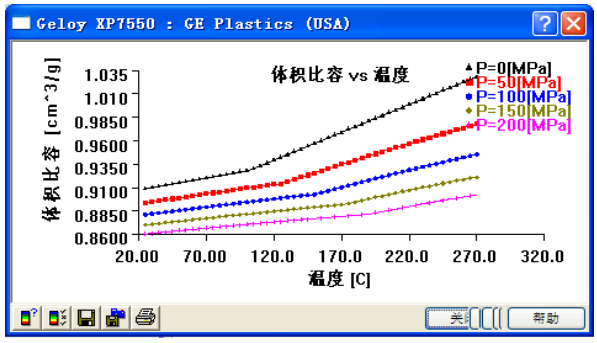


图 2-18　“体积比容 vs 温度”曲线图

2.3.6　机械性能

图 2-19 显示塑胶材料的机械性能对塑胶构件很重要，关系到利用这种材料成型的制品的设计工艺、使用范围和力学性能指标的高低。

“机械属性”栏显示的主要数据有弹性模量、泊松比和剪切模量。热膨胀数据显示的是该塑胶的热膨胀系数，这一点对于需要在高温下服役的塑胶制品尤其重要。这些材料必须具备在高温下尺寸稳定性好的品质。

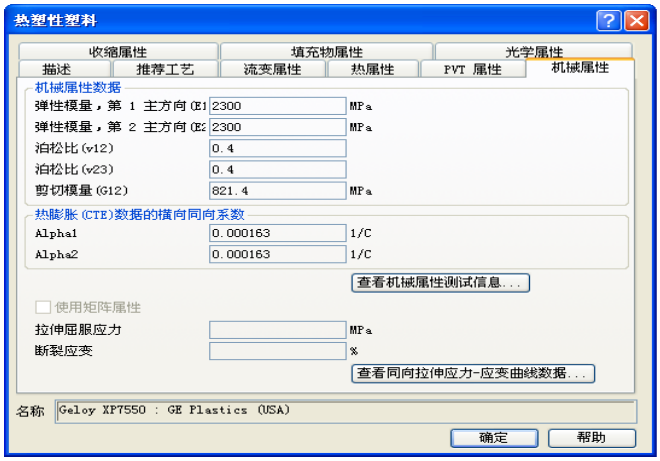


图 2-19　机械属性

2.3.7　收缩属性

图 2-20 显示的是材料的收缩属性。除“收缩模型”外，其他参数未收录入 Moldflow 数据库中。在对产品进行收缩分析时，“收缩属性”栏必须有经过精确检测确认的收缩数据，用

户可以自行添加。



图 2-20　收缩属性

2.3.8　填充物属性

Geloy XP7550 是 PC+ABS 的混合物，没有填充物，所以图 2-21 中的“填充物数据”栏没有描述。如果是填充物增强型塑胶，会在“描述”和“重量%”栏显示出填充物的名称和质量百分比。

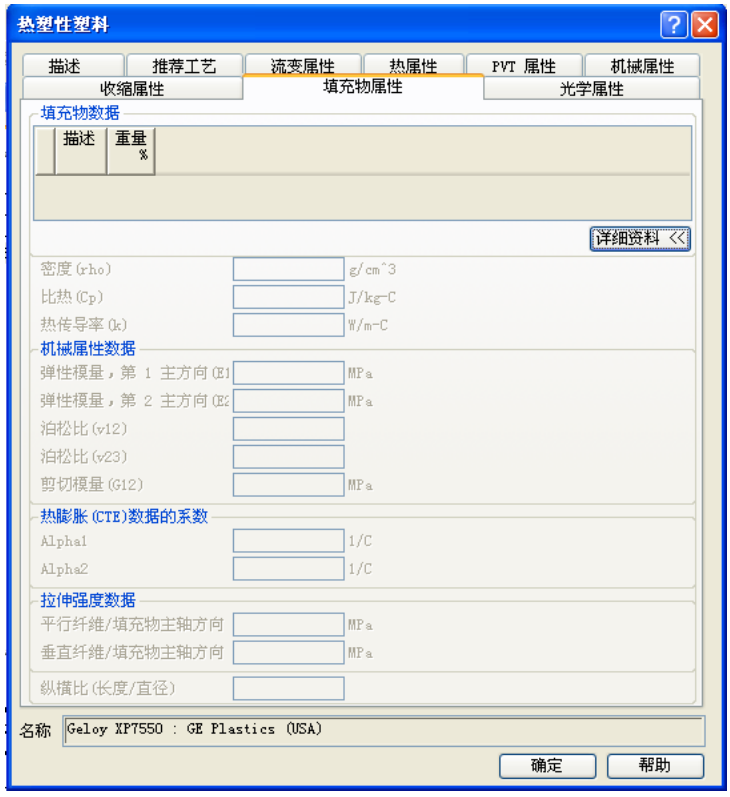


图 2-21　填充物属性

单击“详细资料《”按钮，重要的参数有填充物“密度”、“比热容”、“热传导率”、“机械属性数据”、“热膨胀（CTE）数据的系数”、“拉伸强度数据”。在 Moldflow 数据库中，被收录的数据参数都会显示在相应属性栏里。

2.3.9　光学属性

Moldflow 6.1 新增塑胶材料光学属性，可进行 3D 光学双折射分析。在进行光学分析之前，先选择翘曲分析类型，在成型工艺参数——“流动”设置页面勾选“选择有光学属性数据的塑胶材料进行双折射分析”，才能生成双折射分析结果。双折射分析只针对透明塑胶。在 Moldflow 材料数据库中，一共有六种透明材料拥有光学属性数据，分别是：

（1）Acrypet VH001（PMMA，制造商 Mitsubishi Rayon）；

（2）Austrex 555（PS，制造商 Polystyrene Australia）；

（3）Hylex P1025ILLG（PC，制造商 Entec Engineered Resins）；

（4）Sumipex HT55X（PMMA，制造商 Sumitomo Chemical Company）；

（5）Topas 5010 L-01（COC，制造商 Ticona）；

（6）Zeonex E48R（COP，制造商 Zeon Corporation）。

图 2-22 显示的是 Acrypet VH001 的光学属性。主要参数包括“未取向材料的折射指数”、“应力-光学系数”、“在参考温度处的黏弹性延迟光谱”。



图 2-22　光学属性

温度平移模型为默认的“WLF 模型”。单击“查看温度平移模型”按钮，弹出如图 2-23 所示的对话框。

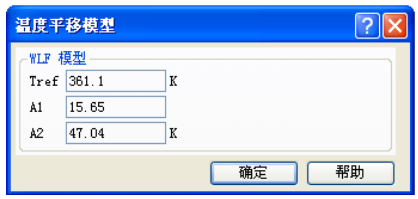


图 2-23 “温度平移模型”对话框

本章小结

本章主要讲述塑胶材料的重要属性，包括推荐成型工艺、机械属性、流变属性以及 Moldflow 6.1 塑胶材料数据库中材料的增补情况。

思考与练习

2-1 塑料的重要属性有哪些？

2-2 PVT 的含义是什么？对注塑成型的影响有哪些？

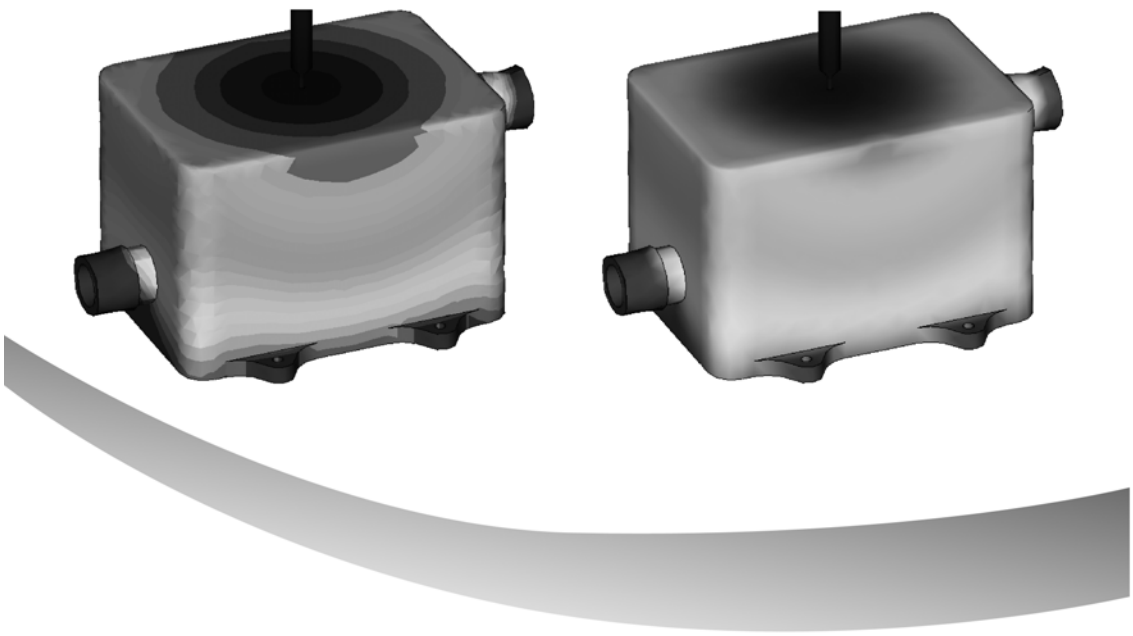
2-3 用户自行添加塑胶属性数据应注意哪些问题？

第二篇

软件功能篇

2

- 第 3 章　Moldflow 6.1 分析流程介绍
- 第 4 章　Moldflow 6.1 操作界面
- 第 5 章　模型网格的划分和修补



第 3 章　Moldflow 6.1 分析流程介绍

本章主要介绍使用 Moldflow 进行分析的工作流程，包括前期准备工作、获得最佳成型工艺参数、分析中需要的工艺参数设置、查看分析结果、在分析结果基础上做出改善措施等详细的操作步骤。

3.1　文件另存

选择“文件”下拉菜单中“保存副本”指令，将一个完好的 CAD 档在 CAD 软件中另存为 Moldflow 可读入的档，如图 3-1 所示。不同的 CAD 软件可以生成不同的另存档，其中 MPI 可以读入的包括 igs、iges、ans、unv、bdf、pat、out、stl 等，其中以 stl、igs 档最为常用。

在“保存副本”对话框中选择副本的文件格式，如图 3-2 所示。如果转档时“文件类型”下拉框里没有那种文件类型，如在 Pro/E 中将 part 档另存为 stl 时，表明 part 档存在局部残破的情况，可能不影响拆模，但无法成功转档。这时可以考虑将 part 档另存为 stp 档，从 Pro/E 转到 UG 中，再以 stl 档从 UG 中转出。

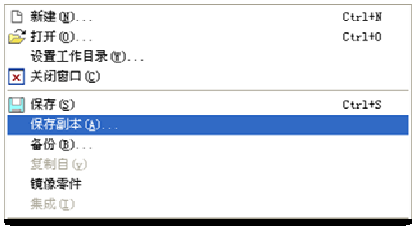


图 3-1　选择“保存副本”指令

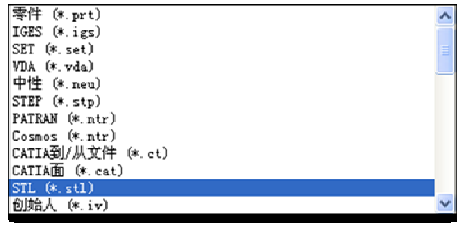


图 3-2　Pro/E 选择副本的文件格式

3.2　另存文件格式对网格划分的影响

转档时不同文件格式对 Moldflow 中网格划分有不同的影响。

（1）另存为 stl 档。在 Pro/E 中以 part 档为源档转出的情况最多，其优点为在精度控制得当的情况下，显示成功转出后的 stl 档不会丢失源档的特征。缺点是对源档点、线、面的完好性要求高，必须是完好无损的源档才能以 stl 档转出。

（2）另存为 igs 档。优点是网格匹配率较 stl 高一些，缺点是在源档残破的情况下也能转出，但由于无提示信息，转档过程中一旦出现重叠或缺失的特征，不仅增加网格的缺陷，细小的特征还会因无意识丢失而很难被发现，造成分析失误增加。对于某些重要的细小特征的遗失，有时要等到去查看那里的缩水或其他成型问题时才会被发现，耽误了宝贵的时间，所以一定要慎用 igs 档。

3.3　编辑输出模型的精度

确定副本文件格式后弹出“输出 STL”对话框，如图 3-3 所示。单击“坐标系”下的箭头，选择模型坐标系，可保证转档后模型在 MPI 中的坐标轴走向与源档相同，避免出现倾斜的情况。在“偏差控制”下的两栏中通过调节“弦高”和“角度控制”，可在转档过程中对 stl 档的转出精度做出调整，单击“确定”按钮。完成这一步后模型成功转出。



图 3-3　“输出 STL”对话框

3.4　在 Moldflow 6.1 中新建工程项目

每一个工程项目在 Moldflow 6.1 中都自成一个独立存在的模块，属于同一个项目中的所有案例信息皆保存在这个项目的路径下，即以工程项目命名的资料夹里。打开一个文件其实就是打开一个工程项目。

选择“文件”下拉菜单中的“新建工程”指令，创建一个新的用户项目，如图 3-4 所示。

系统弹出“输入-创建工程”对话框，如图 3-5 所示。用户需要在“工程名称”中输入新建项目的名称，并选择项目的保存路径。我们在“工程名称”文本框里输入“case-20081016”，系统会在默认的保存路径下设定以“case-20081016”命名的项目资料夹，或单击“浏览”按钮，重新设定新项目的保存路径。单击“确定”按钮，用户就可以看到 Moldflow 6.1 已经在新的项目工作界面里了。以后凡是在本项目中完成的操作，皆归本项目管理。在以后打开时，只需要直接单击 mpi 档统领文件，就可以打开这个项目。mpi 档在项目生成文件中是唯一的以绿色文件图标显示，有别于同一项目下其他类型的文件。



图 3-4　新建工程

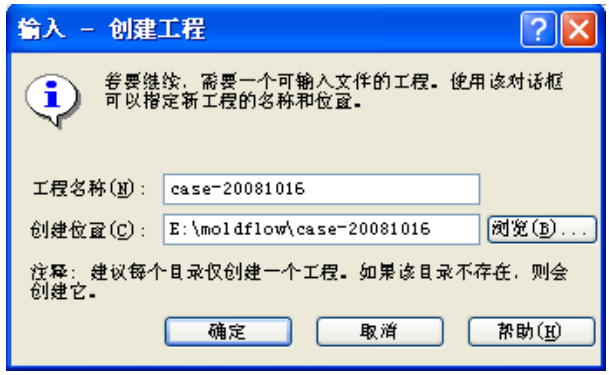


图 3-5　“输入-创建工程”对话框

3.5 在 Moldflow 6.1 中输入 CAD 模型

在当前的项目管理区输入 CAD 模型。选择“文件”下拉菜单中的“输入”指令，如图 3-6 所示。也可在项目管理区直接单击鼠标右键，弹出如图 3-7 所示对话框，选择“输入”指令。



图 3-6 选择“输入”指令（一）

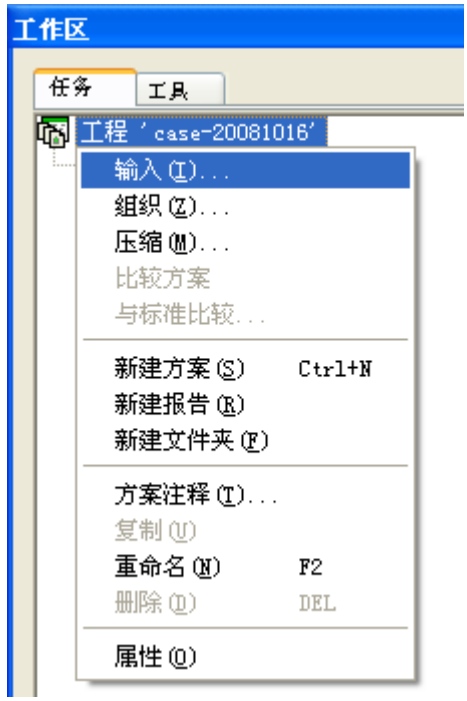


图 3-7 选择“输入”指令（二）

选择“输入”指令后，弹出“输入”模型对话框，如图 3-8 所示。打开保存模型的资料夹，在“文件类型”下拉框中选择模型的文件类型，如源 part 档的输出档为 stl 档，就在“文件类型”下拉框里选择 Stereolithogr apy（*.stl），这样只显示*.stl 档的文件，方便选择。如果同一资料夹里有多个*.stl 档，可以根据*.stl 档的名称或修改日期进行排列，方便快速选取，如图 3-9 所示。

用户也可以在打开 Moldflow 后直接单击工具栏中“模型输入”图标，之后的操作步骤同上。

选择“打开”指令后，弹出“输入”编辑对话框，如图 3-10 所示，选择模型的网格类型和尺寸单位，再单击“确定”按钮，案例模型文件便出现在工程项目下，模型出现在主窗口中，如图 3-11 所示。用户也可以选择“文件”下拉菜单中的“新建”指令，在“新建”指令下拉框中选择“方案”指令，或直接单击工具栏中的快捷图标，创建新的模型文件。

【注意】 在 Moldflow 6.1 中的操作只能在当前活动案例模型文件中执行。如果项目管理区内已有多个案例文件，可以通过双击将某个案例文件切换为当前活动案例文件。

模型输入后用户可以更改案例的名称，选中案例，单击鼠标右键，在弹出的指令框中选择“重命名”指令，如图 3-12 所示。

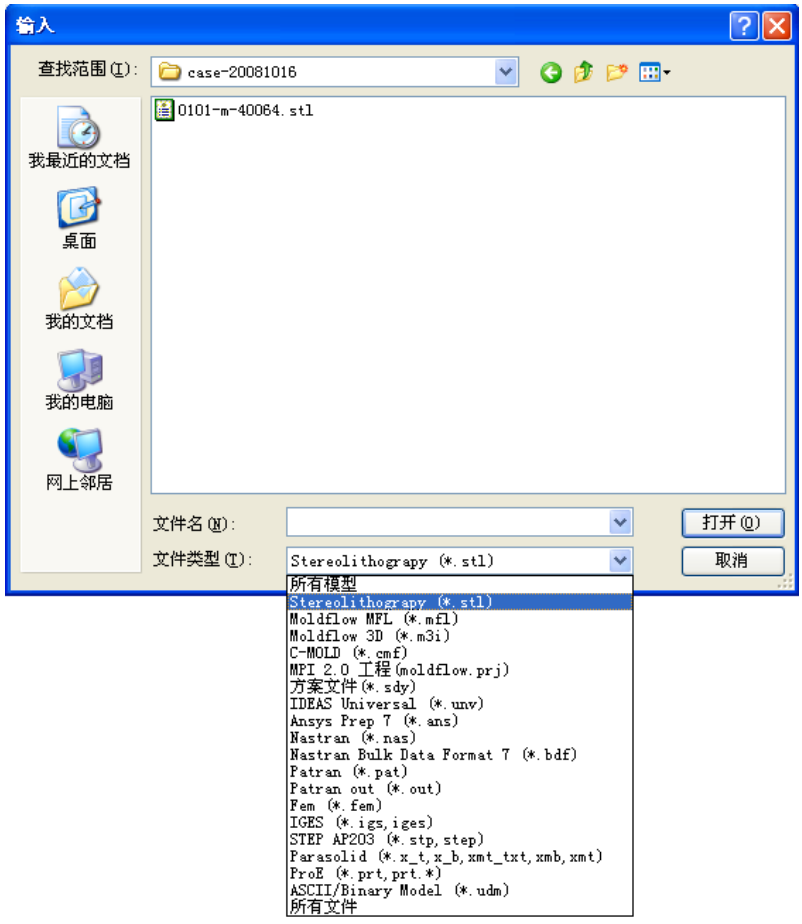


图 3-8　“输入”模型对话框

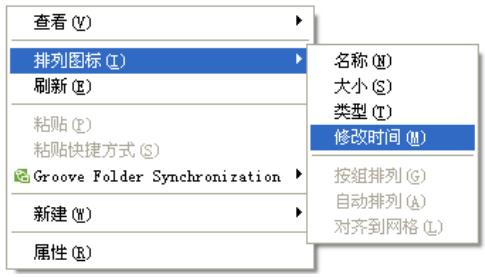


图 3-9　重新排列文档

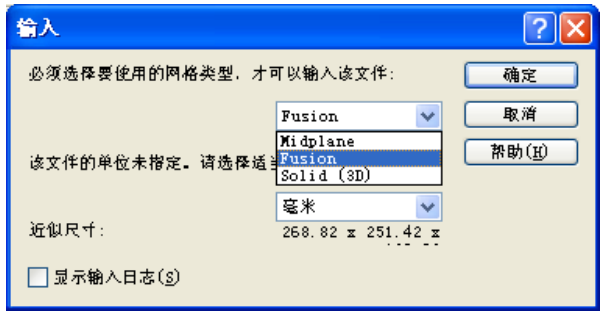


图 3-10　“输入”编辑对话框

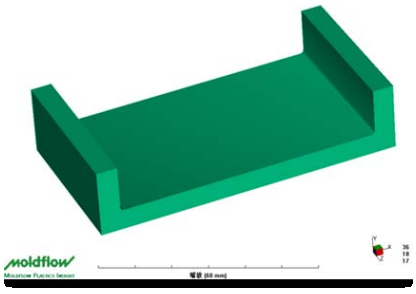


图 3-11　输入 Moldflow 的模型

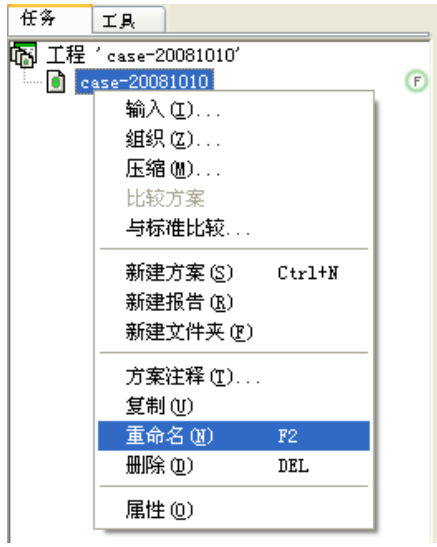


图 3-12　工程项目区案例重命名

3.6　划分网格

模型成功输入 Moldflow 6.1 中后，下一步是对模型进行网格划分。选择“网格”下拉菜单中 生成网格(M)指令，在项目管理区出现“生成网格”对话框，如图 3-13 所示。

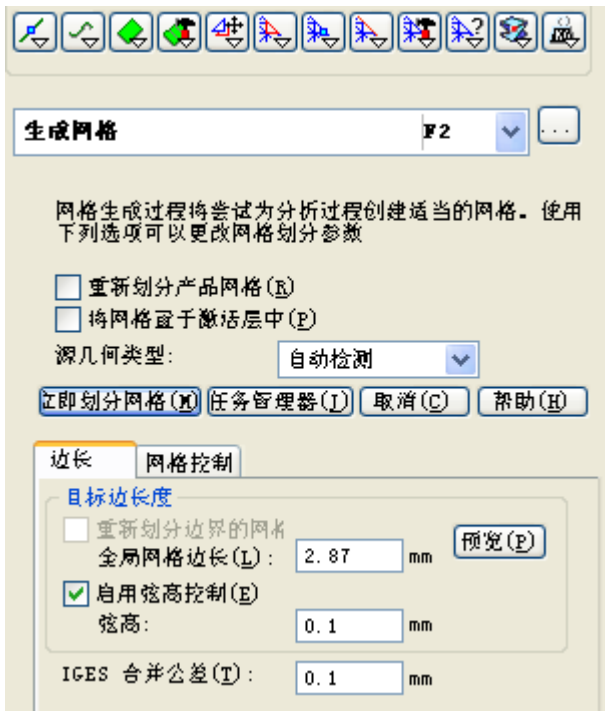


图 3-13　“生成网格”对话框

（1）输入网格边长值。系统根据模型的尺寸大小和肉厚在“全局网格边长”文本框里给出了默认边长值 2.87mm。在划分网格的时候既可以采用默认值，也可以在默认值的基础上进行调整。

（2）设置网格控制选项。划分网格后的模型如图 3-14 所示。网格的信息出现在项目管理区下面的案例浏览区中，如图 3-15 所示。

网格类型为 Fusion（表面网格），网格数目为 3362 个。网格的数目由模型的尺寸、肉厚、造型复杂程度、总表面积、网格边长值决定。从分析的精度考虑，小型简单产品划分的网格数目较少，大型复杂产品划分的网格数目较大。

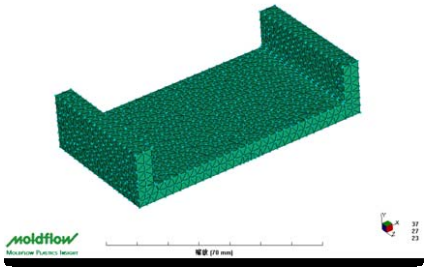


图 3-14　划分网格后的模型图

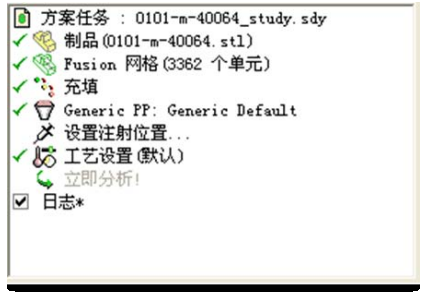


图 3-15　案例浏览区

3.7　检查并修补网格

网格划分完成后，应首先检查网格的质量。由于模型不同处特征的尺寸及造型多变，经常会出现问题网格。单击菜单栏中“网格”按钮，在其下拉菜单中选择“网格统计”指令，弹出“网络统计”对话框，如图 3-16 所示。详细查阅对话框中的统计信息，如果统计数据中显示有问题网格存在，用户可以利用“网格诊断”工具诊断出问题网格，再运用相应的“网格修补”指令进行修补。最后再一次利用“网格统计”指令来查看是否有遗漏的问题网格。“网格统计”对话框中还包含很重要的网格信息，那就是网格的匹配率，仅为 Fusion（表面）网格所有。网格的匹配率关系到分析结果的精度，太低的匹配率可能导致分析无法进行。本案例中的模型造型简单，故匹配率很高，达 95.0%，但这多限于造型简单的产品。造型复杂、肉厚偏薄且肉厚不均的产品网格匹配率往往很难达到这么高。

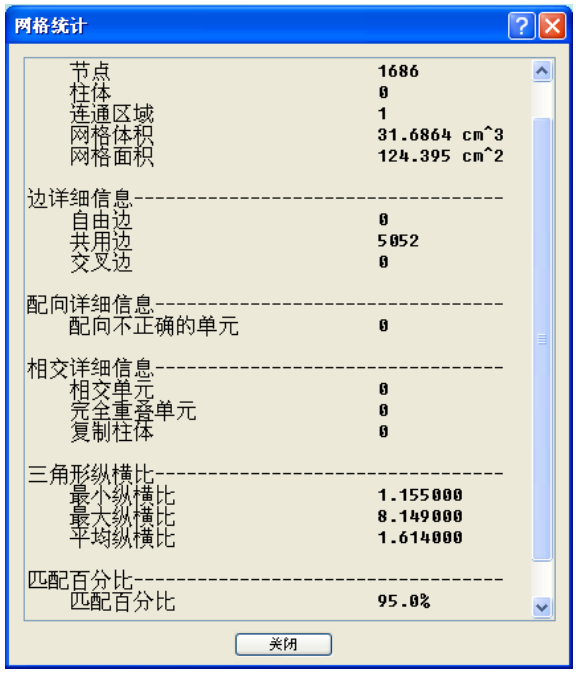


图 3-16 “网格统计”信息对话框

3.8 选择成型材料

选择客户需求的成型材料：成型材料的信息显示在案例浏览区。系统默认的塑胶材料为通用型 PP 料，双击 PP，在弹出的“选择材料”对话框里可以通过不同途径选择材料，如图 3-17 所示。本例中选用 GE 的 PC+ABS，牌号为 7550。

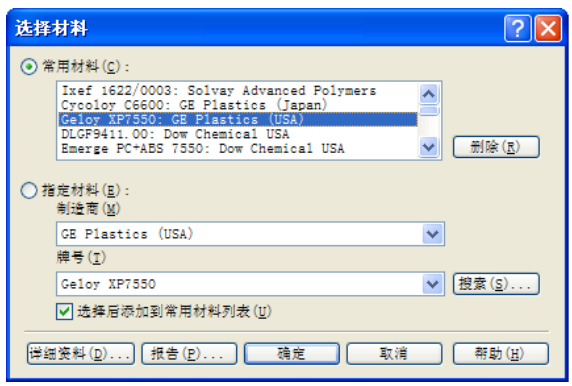


图 3-17 “选择材料”对话框

3.9 确定最佳进浇位置

在创建浇注系统前应先确定产品上的最佳进浇位置。在案例浏览区内，系统默认的分析类型为“填充”。双击“填充”按钮，弹出“分析类型”对话框，选择“浇口位置”选项。设

置“浇口位置”分析工艺参数，如图 3-18 所示，除了基本的机台、模具温度和熔体温度设置外，还可以通过高级选项设置进一步缩小成型参数范围，使成型参数更具有实际应用价值。

系统会根据塑胶的流动性、产品的肉厚、成型的可行性以及用户的参数设置，分析出产品上不同部位进浇的合理性以及最适宜进浇的位置，如图 3-19 所示。根据主窗口右侧的图标显示，红色区域为最佳进浇位置，其他颜色区域的进浇合理性均低于红色区域。系统分析结果倾向于塑胶在型腔内部流动的平衡性，最佳进浇位置可能出现在产品的外观面或难以开设浇口的成型机构上。如本案例中的分析结果，最佳进浇位置在产品的中心，但是产品的顶面要求不能有进口痕迹。从产品的形状以及模具的费用考虑，案例中产品和另外一个产品组成 1+1 模穴，采用边进浇。所以在确定浇口位置时需要结合对产品的具体要求、产品的开模情况和系统的分析结果等多种因素，综合考量进浇位置。

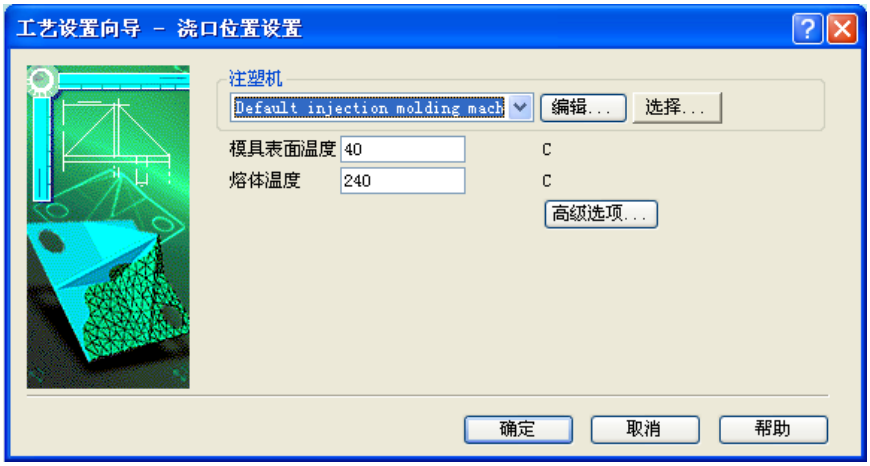


图 3-18 “浇口位置”参数设置页面

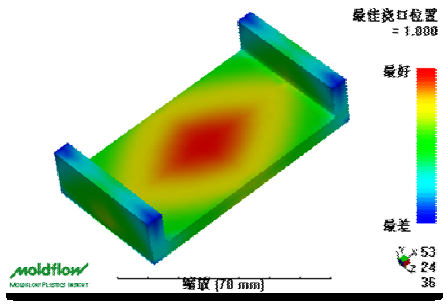


图 3-19　最佳浇口位置结果显示

3.10　创建浇注系统

本案例中的产品采用边进浇，与另外一个产品组成 1+1 模穴，如图 3-20 所示。

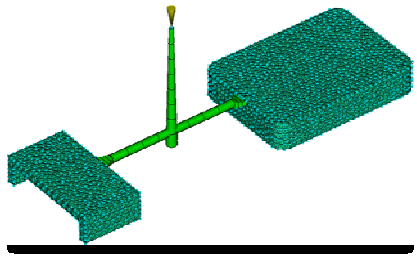


图 3-20　边进浇 1+1 模穴

3.11　创建冷却系统

创建冷却系统的运水管道，可以先利用“冷却回路向导”创建出简易的水路排布雏形，再进行手动改进。如图 3-21 所示，本案例的冷却管道排布是在向导排布的基础上将串联的水路打断成两部分，再通过偏移，使 1+1 模穴各有独立的冷却系统。

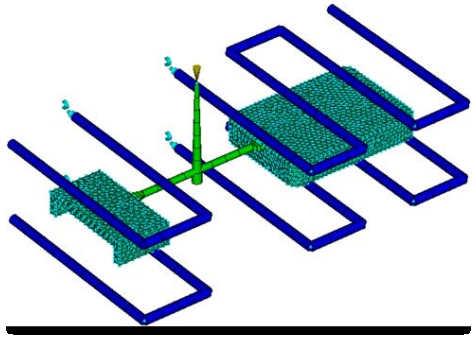


图 3-21　冷却管道排布

3.12　成型窗口分析

Moldflow 6.1 会根据产品的几何形状、采用的成型材料、进浇位置和设定的工艺参数范围，经过一系列的快速计算，得出不同的成型参数组合，获得产品成型效果。我们可以从系统输出的成型参数范围示意图中确定出合理的成型参数范围，用于指导实际生产中机台参数的调整，如图 3-22 所示。

成型参数范围分不可行（红色）、可行（黄色）、首选（绿色）三个层次，用户可以查看当前最佳成型效果，或者在案例浏览区“结果”中勾选“质量（成型窗口）*XY* 图”，单击“属性”按钮，在“探测解决空间”里设定熔体温度、模具温度和注射时间任意一个变量作为 *XY* 图的 *X* 轴变量，产品成型质量为默认的 *Y* 轴变量。不同的熔体温度、模具温度和注射时间组合获得的成型质量不同。用户可以用鼠标拖动滑块来调节两个变量的值，观察哪些成型参数组合可以获得可行的最佳成型效果。

在屏幕结果输出中给出了最佳注射时间、最佳模具温度和最佳熔体温度，如图 3-23 所示。

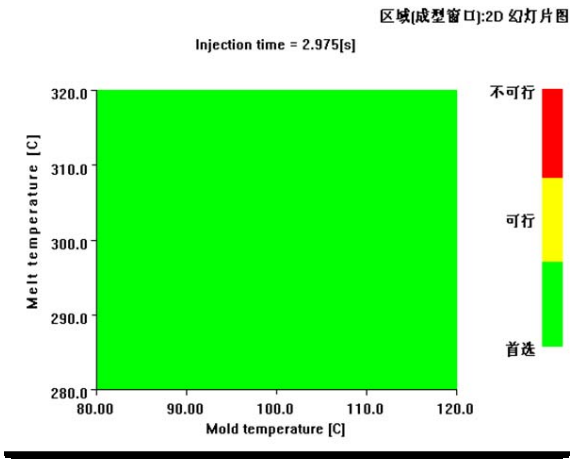


图 3-22　成型参数范围

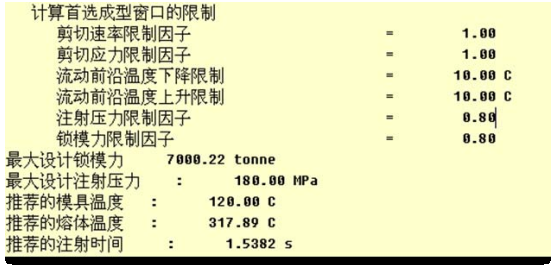


图 3-23　最佳成型参数

3.13　选择分析类型

Moldflow 6.1 的分析功能包括熔融塑胶在型腔内的填充和流动、运水管道的冷却效果、产品翘曲、应力、设计优化，包括前面的最佳浇口位置、成型窗口等。在案例浏览区双击“当前分析类型”按钮，如填充，弹出“分析类型”对话框，选择需要的分析类型：冷却+流动+翘曲。如果当前的分析类型队列中没有，单击对话框右侧的“更多”按钮，会显示所有的分析类型，勾选需要的分析类型右侧的复选框，单击“确定”按钮。以下是分析类型对应的显示图标及意义。

（1）F 填充：分析熔融塑胶在注塑段的填充行为。

（2）F 快速填充：快速模拟熔融塑胶在注射段的填充行为，分析的输出结果较正常填充少。

（3）F P 流动，即填充+保压：分析熔融塑胶在注塑段的填充行为和保压效果。

（4）C 冷却：分析保压结束后运水管道的冷却效果。

（5）F D 试验设计（充填段）：从熔融塑胶填充的角度进行一系列优化设计试验分析。

（6）F P D 试验设计（流动段）：从流动的角度进行一系列优化设计试验。

（7）O 成型窗口：提供最佳成型参数和合理的成型工艺参数范围。

（8）最佳浇口位置：产品上最佳进浇位置和产品上不同区域作为进浇口的合理性程度。

（9）流道平衡：从填充平衡的角度优化流道的尺寸。

（10）冷却+填充+保压+翘曲：完整地模拟分析产品的成型过程及翘曲。

（11）工艺优化（充填）：通过加设限制条件优化注射段的成型工艺参数。

（12）工艺优化（流动）：通过加设限制条件优化注射段和保压段的成型工艺参数。

（13）流动+收缩：分析熔融塑胶在型腔内的流动以及产品的收缩情况。

（14）冷却+流动+收缩：分析熔融塑胶的流动和冷却管道的冷却效果得出产品收缩值。

3.14 设置成型工艺参数

分析时用户既可以采用系统默认的参数，也可以采用成型窗口推荐的成型参数。CFPW（冷却+填充+保压+翘曲）的工艺设置共有三个页面，分别是冷却参数页面、流动参数页面、翘曲参数页面，如图 3-24 所示。



图 3-24　工艺设置之冷却参数页面



图 3-25　“冷却求解器参数”对话框

在冷却参数页面中，用于设置温度参数。单击“冷却求解器参数”按钮，可以设置求解器的运算。单独的冷却分析推荐采用系统默认控制方式；翘曲分析时建议采用“理想”式控制方式，如图 3-25 所示。

在流动参数页面中，用于设置塑胶填充及保压的控制。单击“高级选项”按钮，可以对成型工艺做出更精确的控制，也可以采用系统默认控制方式。如果成型材料中含有填充物，必须勾选“如果有纤维材料进行纤维取向分析”选项，系统在分析的过程中才会对这一项结果做出计算，否则在分析结果中没有纤维取向这一项，如图 3-26 所示。

在翘曲参数页面中，用于设置在分析计算中考虑影响产品翘曲的不同因素。在“矩阵求解器”下拉列表里选择最适宜的求解方法，建议采用系统默认的“自动”控制方法。系统默认的控制方式一般是最佳的控制方式，同时也是适应面最广的，如图 3-27 所示。

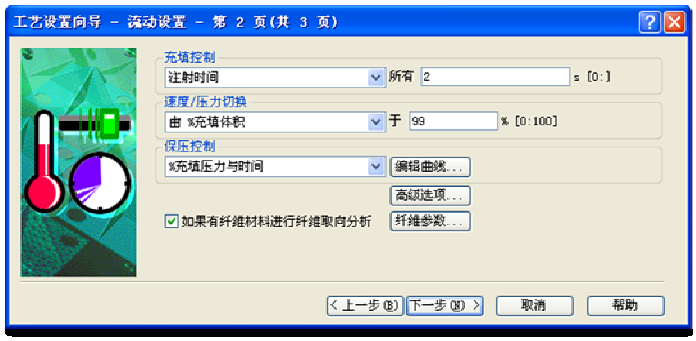


图 3-26　工艺设置之流动参数页面

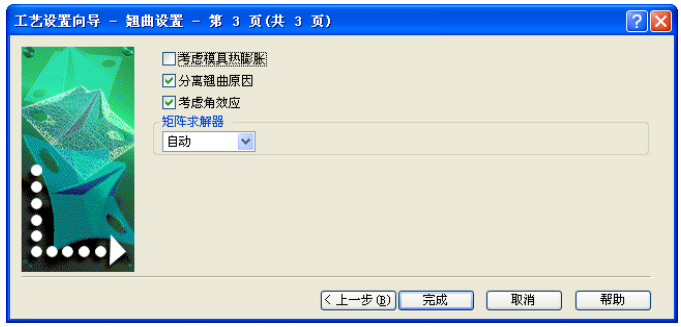


图 3-27　工艺设置之翘曲参数页面

3.15　立即分析

当所有的准备工作都完成之后，就可以开始进行分析。双击案例浏览区中的“立即分析！”，如图 3-28 所示。

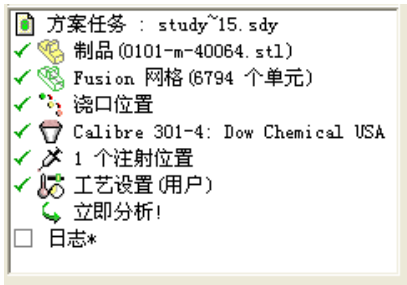


图 3-28　开始分析

项目管理区中，单项的分析结束后，表征那一项分析类型的图标便由空心变成实心，如图 3-29 所示。

在案例浏览区内，单击“立即分析”后，“立即分析”在原来的位置上消失，出现分析结果列表，显示各项分析结果的动态变化过程，如图 3-30 所示。每一单项的分析结果都归入相应的资料夹中。

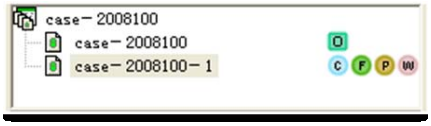


图 3-29　分析完成

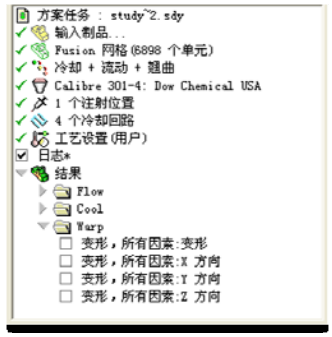


图 3-30　分析结果

3.16　分析结果

勾选案例浏览区“日志”复选框，将主窗口下边缘向上拖动，查看分析输出结果。分析输出结果包括网格日志、分析日志、冷却分析、流动分析、翘曲分析、机器设置、分析检查。

3.16.1　屏幕输出结果

1）网格日志

集中显示生成网格的状态，如图 3-31 所示。

```
具有下列设置的网格:
  网格类型:                          中性面
  NURBS 表面 Mesher:                 正在提前处理前端
  全局网格边长:                          4.8000 mm
  启用弦高控制:                      是
  弦高:                                  0.1000 mm
  通过表面曲率控制优化纵横比:        否
  通过临近控制优化纵横比:            否
  IGES 合并公差:                         0.1000 mm
  后处理:                            是
  匹配网格:                          是
  平滑网格:                          是
  自适应网格:                        是

正在生成表面/曲线网格
```

图 3-31　网格信息

2）分析日志

从分析开始到分析结束，在分析日志中会动态显示分析的进程。用户可以从屏幕输出的数据中观察信息的读入、最详细的型腔填充过程、保压过程和冷却过程，以及体现这些过程变量的参数。

3）冷却分析

显示分析冷却阶段时信息的读入与分析过程的输出，如图 3-32 所示。包括冷却分析需要的信息、冷却介质的流动形态、冷却介质温度范围、回路上冷却介质温度变化量、型腔温度结果摘要等。如果在建模过程中出现错误，还会出现警告信息。

4）流动分析

显示填充和保压阶段信息的读入与分析过程中间参数的输出，如图 3-33 所示。

填充阶段动态显示的结果有相等时间间隔的填充时间，在型腔体积和注射时间确定的情况下不同时刻对应的已完成型腔填充百分比，基本处于匀速状态的塑胶流动速率，维持塑胶

匀速流动需要的注射压力，不同时刻需要的锁模力，塑胶流动的控制方式等。在 1.39s 时，控制方式由速度控制切换为压力控制，之后压力由最高值 73.44MPa 降为 58.75MPa，塑胶流动速率也急剧下降。保压阶段动态显示的结果包括保压时间、保压压力、锁模力和控制状态等，如图 3-34 所示。在 7.4s 时，压力释放，保压结束，产品进入冷却段。

进水口节点	流动速率进/出 (lit/min)	雷诺数范围	压力降超回路 (MPa)	泵送功率超过回路 (kW)
11603	1.67	10000.0 - 10000.0	0.0006	1.797e-05
11578	1.67	10000.0 - 12500.0	0.0005	1.318e-05
11674	2.20	10000.0 - 10000.0	0.0011	4.078e-05
11649	2.20	10000.0 - 12500.0	0.0008	2.991e-05

图 3-32　冷却分析过程中信息输出

时间 (s)	体积 (%)	压力 (MPa)	锁模力 (tonne)	流动速率 (cm^3/s)	状态
0.07	0.95	46.49	0.00	45.73	V
0.13	4.08	68.72	0.90	77.35	V
0.20	8.83	71.22	1.00	106.82	V
0.26	13.98	68.65	1.00	103.28	V
0.33	19.19	67.29	0.99	102.90	V
0.39	24.16	66.21	1.01	102.59	V
0.46	29.28	65.40	1.04	102.24	V
0.52	34.33	64.95	1.08	101.94	V
0.59	39.37	64.76	1.14	101.79	V
0.65	44.17	64.72	1.28	101.67	V
0.72	49.21	64.80	1.44	101.64	V
0.78	53.92	64.96	1.69	101.56	V
0.85	58.73	65.51	2.77	100.76	V
0.91	63.85	74.20	12.58	101.74	V
0.98	68.81	71.70	12.48	102.42	V
1.04	72.86	70.75	12.50	101.72	V
1.11	77.91	71.08	12.70	101.63	V
1.17	82.70	71.58	13.15	101.61	V
1.24	87.69	72.12	13.74	101.68	V
1.30	92.51	72.52	14.31	101.70	V
1.37	97.43	72.89	14.88	101.70	V
1.39	99.05	73.44	15.70	101.59	V/P
1.40	99.71	58.75	15.60	74.96	P
1.40	99.93	58.75	15.76	70.08	P
1.40	100.00	58.75	15.80	69.63	已充填

图 3-33　填充分析过程中信息输出

5）翘曲分析

显示产品上节点产生的空间最小位移值和最大位移值，以及节点在 *X*、*Y*、*Z* 三个方向上的平移值，如图 3-35 所示。

保压阶段:

时间 (s)	保压 (%)	压力 (MPa)	锁模力 (tonne)	状态
3.06	2.83	58.75	64.48	P
6.06	7.95	58.75	59.06	P
7.40	10.24	0.00	55.13	P
7.40				压力已释放

图 3-34　保压分析过程中信息输出

节点	G/L	X 平移	Y 平移	Z 平移
7269	L	0.0000e+00	-6.7506e-09	-4.3479e-08
7290	L	0.0000e+00	0.0000e+00	-3.9053e-08
7320	L	-1.8124e-08	1.0792e-08	8.1211e-08
10666	L	2.6280e-09	-5.7516e-09	1.3061e-09
10682	L	0.0000e+00	2.5657e-09	-1.0994e-09
10684	L	0.0000e+00	0.0000e+00	9.3196e-11
摘要	G	1.7743e-08	1.1704e-08	1.0214e-09

图 3-35　翘曲分析结果信息输出

6）机器设置

包括机台的部分参数和在机台上设置的部分注塑规格参数，如图 3-36 所示。

7）分析检查

检查未彻底修复的问题网格或建模过程中定义不规范的杆单元等，如图 3-37 所示。系统会根据原因给出警告信息或错误提示。如果警告信息出现的次数过多或有错误提示，会导致分析失败。这时要根据警告信息或错误提示做出相应的修改，重新开始分析。

以上这些为纯数据输出结果，单击案例浏览区“结果”下面的分析类型资料夹，显示每一项分析结果在模型上的放映图面。

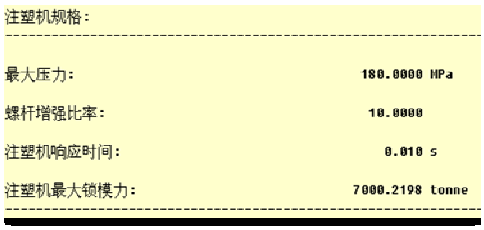


图 3-36　机台规格参数输出

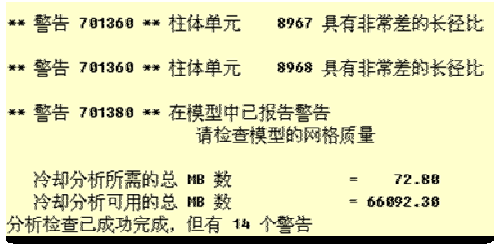


图 3-37　警告信息提示

3.16.2　主要的流动分析结果

主要的流动分析结果包括：

1）填充时间

填充时间指熔融塑胶注满型腔需要的时间，如图 3-38 所示。

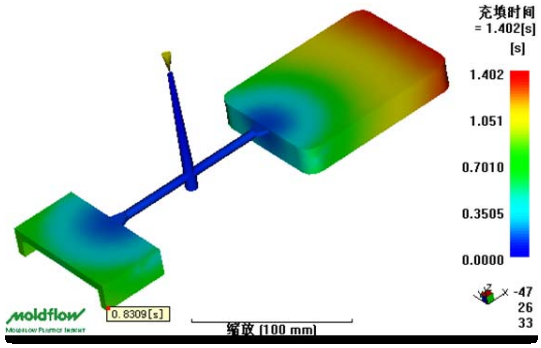


图 3-38　填充时间

平衡的填充应使熔融塑胶同时到达型腔末端，表现在每一条流动路径均以同一种颜色结束，如颜色显示顺序为从蓝到红时，均以红色结束。本案例中，1+1 模穴两型腔的体积差异很大，导致两型腔未同时完成填充。在后面的章节中我们会通过流道平衡分析优化流道的尺寸。小型腔在 0.83s 时完成填充，大型腔在 1.4s 时完成填充。

熔体进入模具后表层便开始冷却。为了把熔体注满型腔，制得密实、精度高的产品，必须在短时间内让熔体充满型腔。如果填充时间过长，注射的速度就慢，模壁上凝固层的厚度会增加，熔体的有效通道相应会变窄，阻碍熔体的通过。这样容易产生密度不均、内应力大、短射等成型缺陷。如果在短时间内完成注射，可以提高熔体流动速率，增加剪切热，减少熔

体的温度差，改善力在型腔内的传递，成型出密度均匀、内应力小的产品，同时可以缩短成型时间，提高产能。但若注射速度太快，容易产生过多的剪切热，使物料烧焦，不能顺利排除气体，还可能引起分子过度定向，产生残余应力。

2）速度/压力切换时的压力

速度/压力切换时的压力指由速度控制切换为压力控制时的压力值，如图 3-39 所示。

平衡的填充应使流动路径上的压力降接近一致，表现在每一条流动路径均以同一种颜色结束。本案例中，由于两穴填充上的不平衡，小型腔先于大型腔完成填充，使小型腔处于过保压状态下，两穴型腔内部压力差异很大。

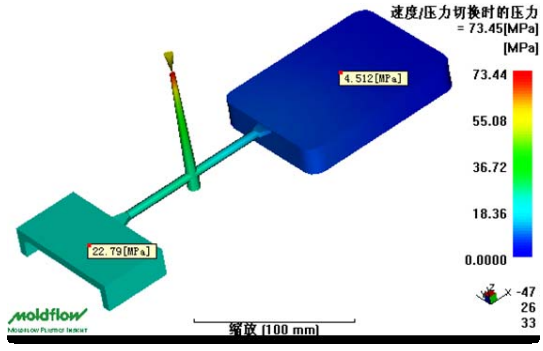


图 3-39　速度/压力切换时的压力

在实际生产中，提高注射压力有利于提高塑胶的流动性。但随着注射压力的增大，塑胶流动性增加的幅度逐渐变小。这时由于随着塑胶在型腔内部流向远离浇口处，熔体的冷却程度增大，熔体黏度增加，加剧塑胶流动的难度。太高的射压容易使产品产生毛边，有时还会产生过多的残余应力。

3）流动前沿处的温度

流动前沿处的温度指前锋料流的温度，如图 3-40 所示。

合理的温度分布应使流动前沿流经型腔不同部位时的温度变化小，型腔内部温度分布整体均匀。本案例中两穴产品皆形状简单，肉厚适中，熔融塑胶流动路径不长，填充顺畅，料流前沿温差很小。

提高熔体温度，有利于提高熔融塑胶的流动性，提高力在型腔内的传递效率，但不能使熔体温度超过温度，尤其需要防止热敏性塑胶分解。

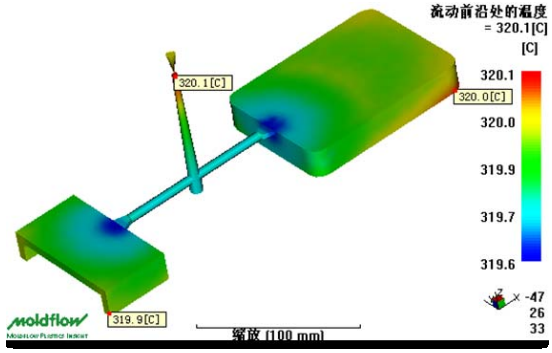


图 3-40　流动前沿处的温度

4）剪切速率，体积

剪切速率，体积指塑胶在填充过程中的剪切速率，如图 3-41 所示。

应着重观察塑胶在进料口、浇口和填充末端处受到的剪切速率，不能超过该塑胶能承受的最高剪切速率值。选中案例浏览区中显示的塑料材质，单击鼠标右键，选择“详细资料”命令，弹出“热塑性塑料”对话框，单击“推荐工艺”按钮，可查看塑胶材料可承受的最大剪切应力和剪切速率。本案例中采用的塑胶可承受的最高剪切速率为 40000s^{-1}，实际的最高剪切速率为 21547s^{-1}，没有超过最高剪切速率值。

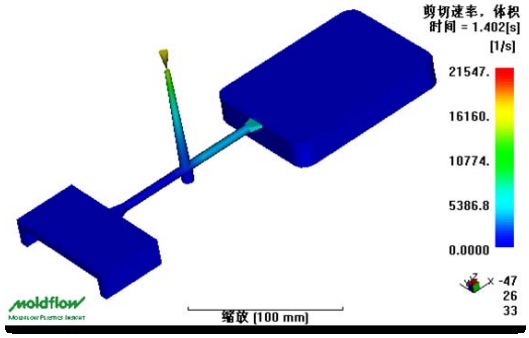


图 3-41　剪切速率，体积

提高熔体的剪切速率可产生较多的剪切热，有利于保持塑胶的流动性。但过高的剪切热会使产品产生局部烧焦的现象。降低射速会使熔体降温加快，使熔体的黏度增加，这样会降低熔体的剪切速率。

5）壁上剪切应力

壁上剪切应力指熔体在模壁上受到的剪切应力，如图 3-42 所示。

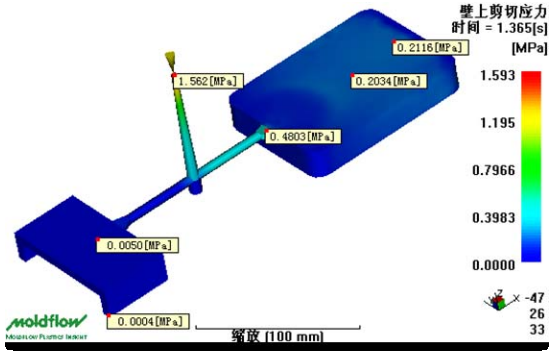


图 3-42　壁上剪切应力

熔体受到的剪切应力不宜超过该塑胶能承受的最高剪切应力。选中案例浏览区中显示的塑料材质，单击鼠标右键，选择“详细资料”命令，弹出“热塑性塑料”对话框，单击“推荐工艺”按钮，可查看塑胶材料可承受的最大剪切应力和剪切速率。本案例中采用的塑胶可承受的最高剪切应力为 0.5MPa，实际的最高剪切力为 1.59MPa，已经大大超过允许的最高剪切应力。通过结果查询，可以看到剪切应力大的地方是在进料口、浇口处。提高熔体温度有利于减少剪切应力。

剪切应力不是最终残留在产品内的残余应力，但和残余应力的产生有关。它是表现冷凝

层附近的塑胶分子在拉伸力的作用下定向的程度。定向程度高的塑胶分子的回弹性高于定向程度低或未发生定向的塑胶分子，所以分子定向严重会引起较高的残余应力。残余应力高的产品在顶出过程中或使用中可能发生开裂或较大变形量。

剪切应力产生于固体物质和液态物质的接触界面处，量度为单位面积上作用的压力梯度。由熔融塑胶的黏性—流动关系式可以推断出，熔融塑胶在料流的芯层，也就是型腔的中心面处，受到的剪切应力最小，接近于零。剪切应力最大值出现在两界面交接处。

6）体积温度

体积温度指温度在型腔厚度上的变化，如图 3-43 所示。

检查产品上体积温度最高值有没有超过塑胶的绝对熔体温度的过热点，防止产品局部烧焦。本案例中最高体积温度已经超过熔体热力学温度，出现在大型腔浇口处，填充时间为 1.36s，临近大型腔填充结尾时。

在成型过程中，熔体的温度变化不仅和时间、型腔部位有关，还和型腔的厚度有关。由于很难在每一个厚度方向的切片上显示温度的变化过程，Moldflow 6.1 便采用体积温度来表征厚度上的加权温度。相对于熔融塑胶流动时的平均温度，体积温度具有明显的物理意义，它是能量在某一区域内传递的量度，也就是在型腔厚度上传递的量度。

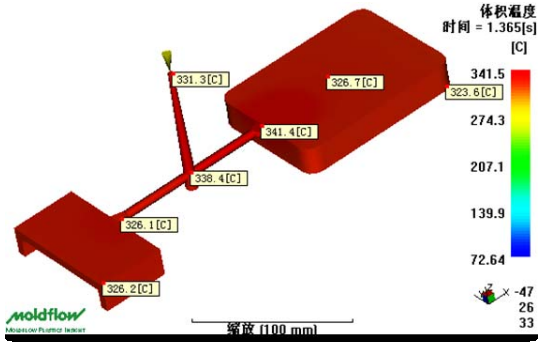


图 3-43　体积温度

7）注射位置处压力：XY 图

注射位置处压力：XY 图指在整个成型周期中，浇口处的压力变化，如图 3-44 所示。

本案例中产品的成型周期为 60s。为了清晰地显示出浇口处的压力变化，将表示时间变量的 *X* 轴显示范围设置为 10s 内。

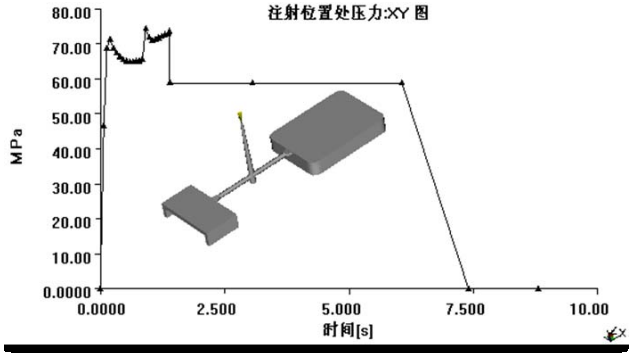


图 3-44　注射位置处压力：XY 图

从图 3-44 可以看到，在注射初始阶段，压力增幅很大，但马上进入小幅回落期，之后又提升至注射阶段最高值，可详细查看屏幕输出结果。这样的压力曲线表明塑胶在型腔内的流动不平稳，系统会根据塑胶的流动状态及时调整注射压力值。和 *X* 轴平行的时间段是保压期。压力持续回落期为冷却阶段。在接近 7.5s 时，型腔内的压力降为零，直到冷却结束，开模顶出。

8）冷凝层因子

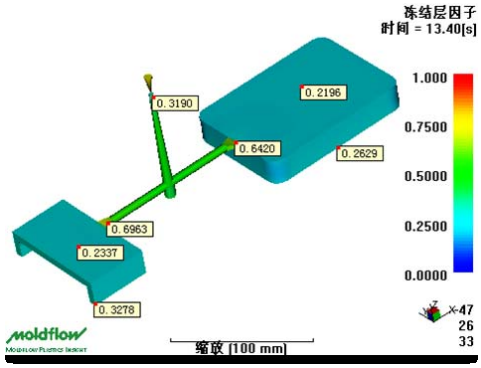
冷凝层因子表示在成型周期内，塑胶在型腔内凝固的程度。

图 3-45 是本案例产品冷凝过程中，不同时刻凝固层的厚度。冷凝层因子指数从 0 到 1，指数越高，冷凝层越厚。

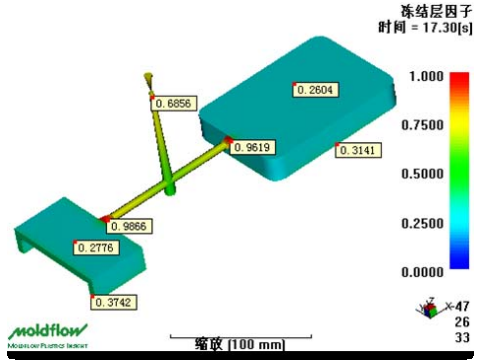
在填充阶段，料流连续通过的路径上，冷凝层会保持在一定厚度不变，这是因为冷凝层向模壁散失的热量会由后续流过的温度较高的料流补上。一旦料流停止流动，热量损失占据主导，冷凝层的厚度就会迅速增加，塑胶流动的阻力就越大。

冷凝层厚度对料流的阻滞影响特别明显。熔体温度下降，黏度就会增大，料流流速减慢，冷凝层厚度增加。在型腔厚度一定的情况下，在型腔厚度横截面上，熔融塑胶的有效通过面积相对变窄了。

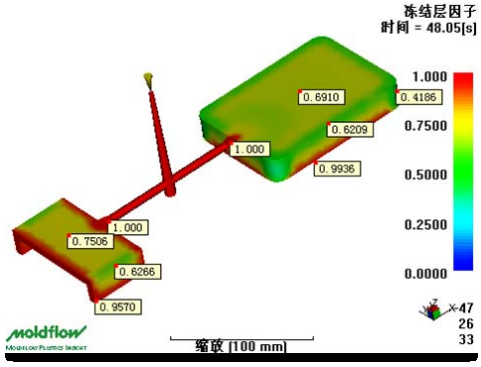
从图 3-45 可以看到，时间=13.4s 时，保压结束，进入冷却阶段。两穴浇口的凝固率也分别达到 0.69 和 0.64，产品的肉厚大于浇口的厚度，产品的凝固率才刚过 0.2。在成型工艺设置中设定的保压压力在 13.4s 时撤去，以现在分析的结果来看，保压时间应延长，以防发生回流。



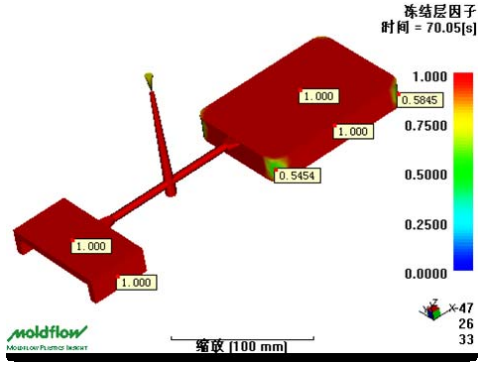
（a）时间=13.4s 时



（b）时间=17.3s 时



（c）时间=48.0s 时



（d）时间=70.0s 时

图 3-45　不同时刻冷凝层的厚度

时间=17.3s 时，型腔处于冷却阶段。进浇点和两个浇口已经基本凝固。产品边缘的凝固率大于中心位置的凝固率。保压持续到此刻已无法传递入型腔，不再产生效用。

时间=48.0s 时，浇注系统已完全凝固，产品边缘，尤其是小型产品，塑胶的凝固已由边缘向中心扩展。

时间=70.0s 时，除大型产品四个拐角处，其余部分已经处于完全凝固状态。

从以上产品的四个冷凝阶段可以得出如下结论：浇口在 17.3s 时凝固，保压应持续到 17.3s，以防止塑胶倒流。产品的边缘先于中心部位冷却，所以应对边缘部分实行缓冷，对其他部位加强冷却。大型产品的四个拐角处属于热量集中区域，在顶出时尚未完全凝固，这些区域尤其应加强冷却。

9）气穴

气穴指在料流的驱赶下模腔内气体集中的区域，如图 3-46 所示。

气穴在产品上的分布主要取决于产品的结构和浇口的数量及位置。本案例中气穴出现在小型产品折弯处和大型产品填充末端，在这些地方应加强排气。

查看气穴分析结果时应重点检查气穴的数量和分布的位置。气穴出现在产品易排气的地方和较隐蔽的地方一般不会引起什么问题。出现在外观面上，应在模具上相应位置处特地加强排气。如果型腔个别角落困气严重，可能引起产品局部烧焦、短射和其他表面缺陷。

如果产品肉厚差异较大，成型塑胶的流动性很差，这时应在“气穴”结果显示气穴聚集的地方和塑胶的流动路径上一起开设排气槽，减少型腔内气体对料流的反作用力，降低料流流动路径上的压力降，提高注射压力的传递效率，对改善产品局部缩水很有帮助。

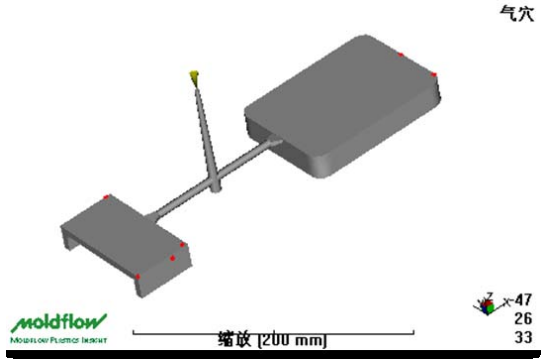


图 3-46　气穴

10）体积收缩率

体积收缩率指产品在成型温度下的尺寸与产品在室温下的尺寸之差，如图 3-47 所示。

在 Moldflow 6.1 中，体积收缩是一个过程量，可以通过动画观察在不同时刻型腔内塑胶的收缩值。

本案例中最高收缩值出现在大型产品的四个拐角处。这四个拐角在顶出时还未完全凝固，和周围部分未同步凝固，顶出后它们的收缩值高于周围部分。

产品的整体收缩值应趋于均匀，这样可以有效减少产品翘曲和缩水。产品上最高体积收缩值不能超过材料本身的收缩值。过高的收缩值可能引起产品内部缩孔。

如果主窗口右侧图标显示体积收缩有呈现负值的现象，表示产品上存在过保压现象。这些部位未按正常的型腔放缩水比例进行收缩，而由于压得太实，质地过于密集，有向外膨胀

的趋势，对型腔的包紧力很大，在顶出时可能会粘模，使产品表面被刮伤或损坏顶出机构。

11）缩痕指数

缩痕指数指产品表面产生缩痕的概率，如图 3-48 所示。

本案例中最高缩水指数产生在大型产品的四个拐角处。这四个拐角在顶出时还未完全凝固，顶出后在由高温降至室温的过程中，拐角处的收缩值大于周围产品的收缩值，可能出现明显的缩水痕迹。

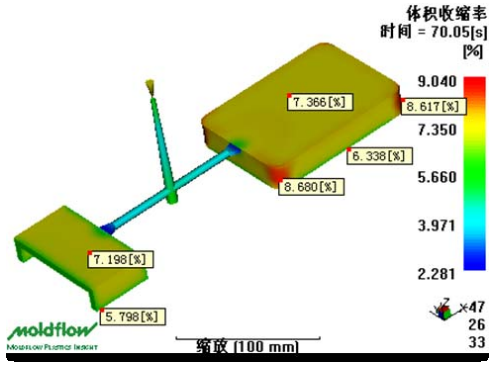


图 3-47　体积收缩率

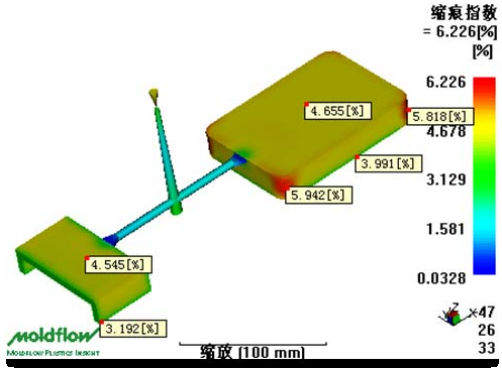


图 3-48　缩痕指数

缩痕指数高的部位往往是在低压力或零压力状态下完成凝固，没有得到充分的补收缩和压实，出现缩水的可能性高。如果出现负缩痕指数，表示那些部位存在过保压现象，在顶出过程中可能会粘模。

12）推荐的螺杆速度：XY 图

推荐的螺杆速度：XY 图指维持熔融塑胶在型腔内平稳填充的螺杆速度，如图 3-49 所示。

系统推荐的螺杆速度可以维持塑胶在型腔内匀速流动，克服因塑胶流速不稳定引起的产品翘曲。型腔内宽阔的地方，螺杆速度会相应加快；型腔内狭窄的区域，螺杆速度会相应降低，以此维持塑胶匀速填充。

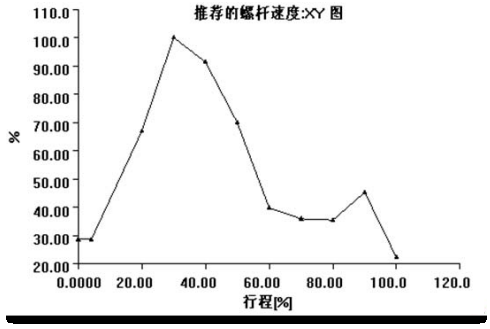


图 3-49　推荐的螺杆速度：XY 图

3.16.3　主要的冷却分析结果

主要的冷却分析结果包括。

1）制品温度

产品不同部位的温度差异，尤其是型芯和型腔温差较大是引起产品翘曲、延长成型周期的主要原因。如图 3-50 所示，如果产品上存在过热点或过冷点，应考虑重新调整冷却管道的排布，使产品整体温度不超过冷却液入口处温度的 10℃～20℃。当产品整体温差较小时，可以保证产品不同部位的收缩速率趋于一致，这样可以有效减少翘曲变形量。

2）模具温度

模具温度显示的是和产品表面接触的模壁的温度，是显示产品整体温度均匀性的一个重要结果，如图 3-51 所示。模腔表面温度可能均匀分布。产品上下表面的温度和目标模具温度差值不宜超过±10℃；模腔表面的温差不宜超过 10℃，同时不宜超过冷却液温度 5℃。

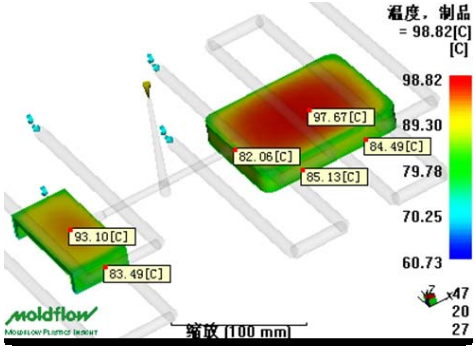


图 3-50　制品温度



图 3-51　模具温度

3）回路冷却介质温度

回路冷却介质温度指冷却回路进水口和出水口的温度差，如图 3-52 所示。

本案例中，四条冷却回路进水口和出水口的温度差均比较小。图 3-52 显示的是在整个循环过程中，冷却液的温度范围。如果查看其中一条水路的冷却液温度变化，可隐藏其他三条水路，只显示其中一条。另外可以从屏幕输出结果中直接得到每一条冷却回路的温度变化幅度，如图 3-53 所示。

冷却回路温差不宜超过 2℃～3℃，可以在图 3-52 中查看冷却回路哪一部分的温度变化幅

度最大。并排水路进、出水口的温度变化比较小，但这并不能完全排除水路某一段温度变化比较大。串联水路的流经路径比较长，冷却液温度变化幅度大。

冷却液流经产品上热量集中区域时，如浇口附近，温度会明显上升。这些部位应加强冷却，减少单一回路的冷却负担。

4）回路管壁温度

回路管壁温度指冷却管道管壁的温度变化，如图 3-54 所示。

冷却回路的模壁温度分布应均匀才能保证产品冷却均匀，最高不超过冷却液 5℃。

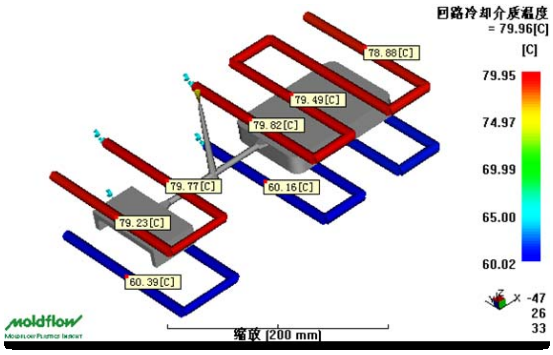


图 3-52　回路冷却介质温度

冷却介质温度

进水口节点	冷却介质温度范围	冷却介质温度升高在回路上
11603	78.7 - 80.0	-1.3 C
11578	78.9 - 80.0	-1.1 C
11674	60.0 - 61.2	1.2 C
11649	60.0 - 60.5	0.5 C

图 3-53　冷却介质温度变化

5）制品冻结时间

制品的冻结时间指制品不同部位的冷却时间，如图 3-55 所示。

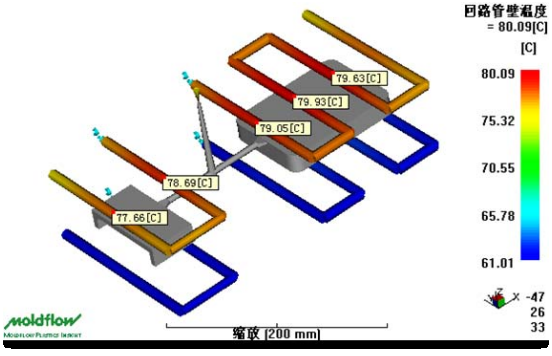


图 3-54　回路管壁温度

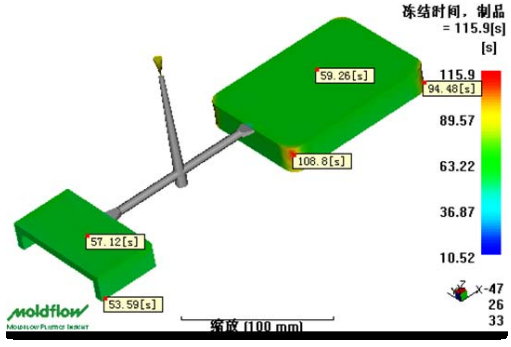


图 3-55　制品冻结时间

本案例中，除大型产品的四个拐角处外，产品其他部位冷却比较均匀，基本在 60.0s 之前冷却完毕。

产品不同部位冷却时间差值应尽量小，才能实现均匀冷却。冷却时间占成型周期的绝大部分，因此产品不同部位的冷却速度不仅要均匀，还要尽可能快，以缩短成型周期。

6）制品平均温度

制品的平均温度指冷却结束后产品厚度上的平均温度，如图 3-56 所示。

如果型腔内塑胶的温度已经低于该塑胶的顶出温度，产品便可顺利顶出。如果产品上大部分区域已降至顶出温度以下，只有极小部分温度偏高，这时也可以开模顶出，以缩短成型周期。对于多数产品来说，当肉厚较厚的产品凝固率达到 80%、流道凝固率达到 50%时，便可开模顶出。

和其他分析结果展现的情况一致，案例中小型产品温度分布均匀，模型上整体显示为绿色或浅绿色；大型产品四个拐角处平均温度最高，模型上其他部位基本上以绿色显示。

7）回路热去除效率

回路热去除效率指冷却回路的冷却效率，如图 3-57 所示。

回路热去除效率是判断冷却管道从模具中吸收热量多少的量度。影响回路热去除效率的主要因素有管道距产品的距离、雷诺兹数、冷却液与模壁间的温差等。

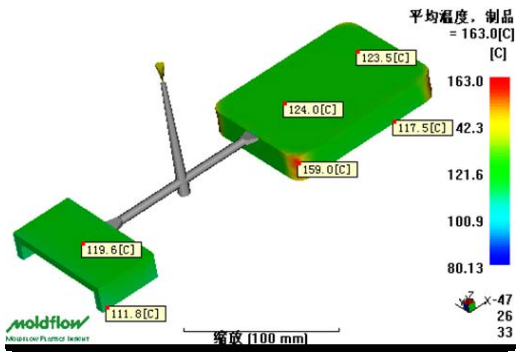


图 3-56　制品平均温度

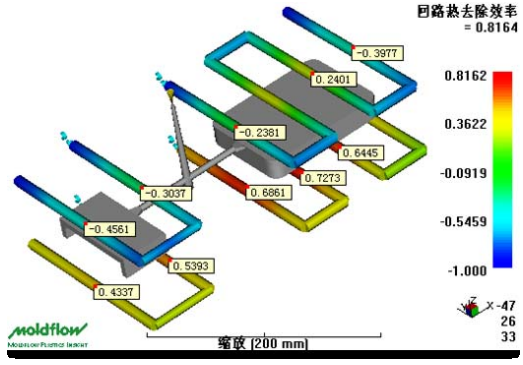


图 3-57　回路热去除效率

利用回路热去除效率可以查看各冷却管道冷却效率的高低。热去除效率低的管道基本上不参与冷却，是起不到冷却作用的。如果这些管道位于远离塑胶热量辐射到的部位，可以省去。

如果冷却管道位于热量集中部位，热去除效率却很低，证明管道并没有真正起到冷却的作用。这时应该改变水路位置，减少管道到产品的距离或改变冷却液温度和流速。在深腔部位，改用隔水板式或喷泉式水路，深入腔内，扩大管道的有效冷却面积。

3.16.4　主要的翘曲分析结果

主要的翘曲分析结果包括。

（1）变形，所有因素：总变形量，如图 3-58 所示。总变形量显示的是产品上每一点的变形量。我们现在以 5 倍的放大效果显示产品的变形程度。图中产品原型以透明轮廓显示，变形后的产品以彩色显示。将两者叠加到一起，便可清晰地看到产品任意位置的变形量。

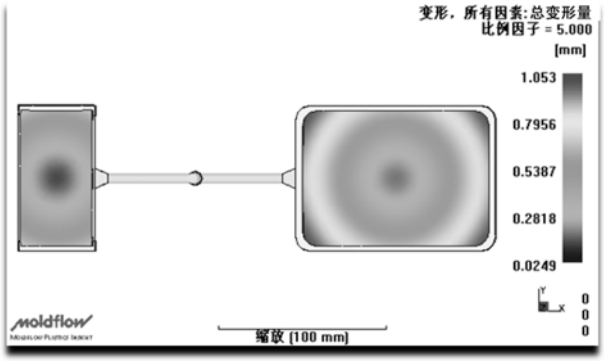


图 3-58　总变形量

（2）变形，所有因素：*X* 方向，如图 3-59 所示。对于本案例中的产品造型，*X* 向的变形相当于模型在 *X* 向的体积收缩。

（3）变形，所有因素：*Y* 方向，如图 3-60 所示。对于本案例中的产品造型，*Y* 向的变形相当于模型在 *Y* 向的体积收缩。

（4）变形，所有因素：*Z* 方向，如图 3-61 所示。*Z* 向变形包含 *Z* 向体积收缩和产品翘曲变形。

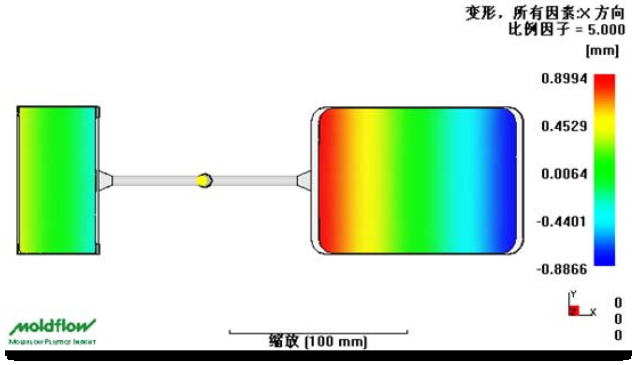


图 3-59　*X* 向变形量

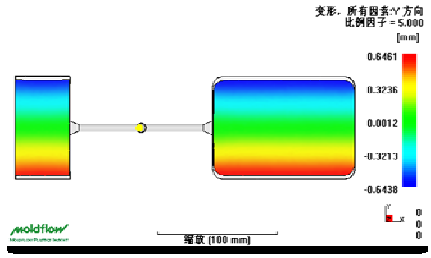


图 3-60　*Y* 向变形量

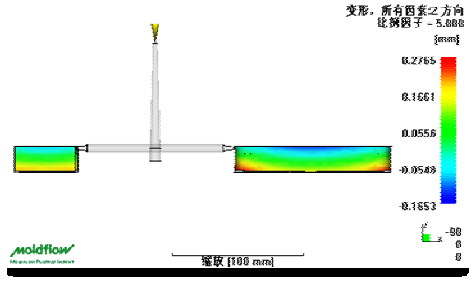


图 3-61　*Z* 向变形量

产品的最大翘曲值为 1.053mm。我们来查看引起产品翘曲的原因。

（1）变形，不同的冷却:变形。指冷却因素引起的变形量，如图 3-62 所示。

（2）变形，不同的收缩:变形。指收缩因素引起的变形量，如图 3-63 所示。

（3）变形，取向因素:变形。指分子取向因素引起的变形量，如图 3-64 所示。

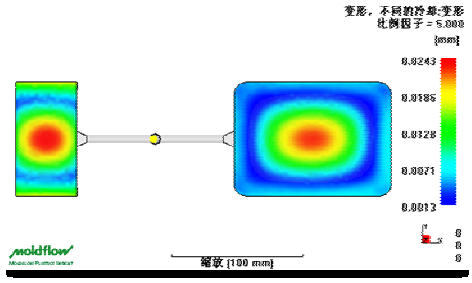


图 3-62　冷却因素引起的变形量

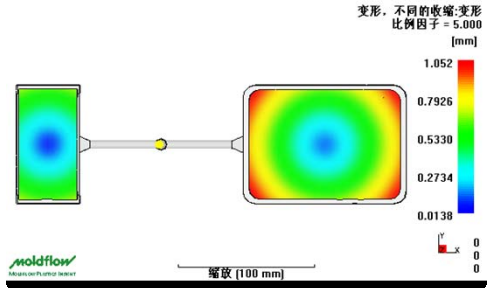


图 3-63　收缩因素引起的变形量

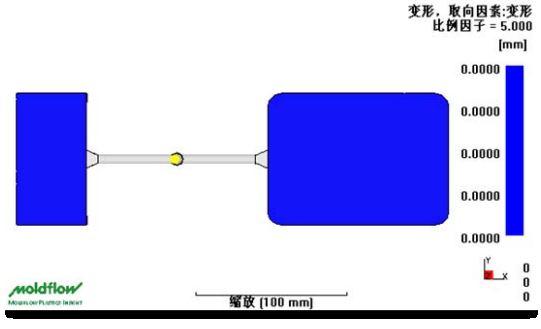


图 3-64　分子取向因素引起的变形量

在这三种因素中，引起翘曲的主要原因是产品收缩不均。在以后的章节中将针对产品翘曲改善做出详解。

本章小结

本章主要讲述完整的模流分析流程，从建模、选择分析类型、寻找最佳进浇位置、确定合理的成型参数，到最后完整序列的分析及分析结果的解读，使读者可以在短时间内掌握模流分析的要领；全面地阐述模流分析图面输出结果的意义，帮助读者从多方面解读 Moldflow、识别模流分析结果的含义，为后期的改善分析打下坚实的基础。

思考与练习

3-1 简述模流分析流程。
3-2 转档副本格式不同时对划分网格的影响有哪些？
3-3 划分网格时的注意事项有哪些？
3-4 论述最佳浇口位置分析的意义。
3-5 确定产品上进浇位置时应注意哪些问题？
3-6 论述进行成型窗口分析的意义。
3-7 阐述主要的模流分析图面输出结果的意义。

第 4 章　Moldflow 6.1 操作界面

本章主要详解 Moldflow 6.1 软件的操作模块和操作指令。图 4-1 为 Moldflow 6.1 的操作界面，主要由八部分组成，分别为标题栏、菜单栏、工具栏、工程项目区、案例浏览区、图层管理区、主窗口和状态栏。

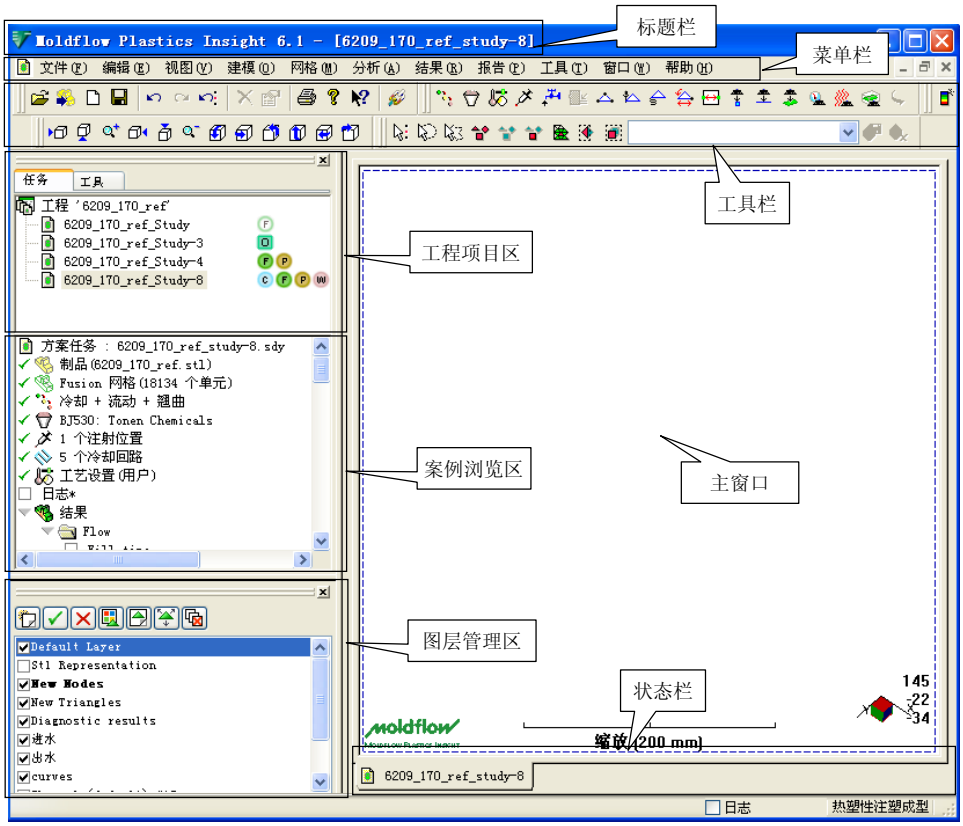


图 4-1　Moldflow 6.1 窗口界面

4.1　标题栏

标题栏位于窗口左上端，显示软件名称和当前案例文件名。

4.2　菜单栏

Moldflow 6.1 的分析前处理操作指令菜单栏均分布于菜单栏各单项中。

4.2.1　文件

对于项目文件的操作多在“文件”内完成，如图 4-2 所示。其下拉菜单功能如下：



图 4-2 “文件”下拉菜单

（1）新建工程（W）。可在设定的保存目录下建立新的工程项目，新建工程项目和已运行工程项目是同级的，可以互相切换处于当前活动状态。

（2）打开工程（O）。打开已存在的工程项目。

（3）关闭工程（T）。将运行的工程项目关闭，但不关闭模流软件。

（4）新建（N）。建立新的空白方案、报告、项目栏内资料夹等。

（5）关闭（C）。关闭当前运行方案，切换到最近上次运行的方案。

（6）保存方案（S）。保存当前运行方案。

（7）将方案另存为（A）。将当前运行方案另存为新方案，同时出现在工程项目区中，相当于复制原方案。

（8）保存所有方案（L）。保存处于运行状态的所有方案。

（9）输入（I）。在当前运行项目区中导入新模型。

（10）输出（E）。将当前分析方案导出，导出后的方案可双击或直接拖进桌面“MF”图标中打开。

（11）添加（D）。在当前运行方案中添加其他模型，如调入 1+1 模穴中的另外一穴。

（12）组织工程（Z）。根据分析方案的属性可将同时拥有这些属性的方案归入同一文件夹下，出现在工程项目区里。

（13）压缩工程（M）。将分析生成的文件进行压缩，腾出更多磁盘空间。

（14）工程属性（J）。记录此工程的信息，如模流分析人员、公司等。

（15）打印（P）。打印当前显示窗口。

（16）打印预览（V）。预览打印效果。

（17）打印设置（R）。对打印效果进行设置。

（18）参数设置（F）。根据实际需求，可对系统参数进行个性化设置。图 4-3 是主要的参数设置页面。



图 4-3　“参数设置”之“概述”设置页面

在“概述”页面“系统”模块中可以设置系统的单位、自动保存时间间隔；在“显示”模块设置表征实体处于不同情况时的颜色；“建模基准面”有“栅格尺寸”和“平面大小”；在“工程目录”中设置默认保存路径，便于项目文件的管理和在以后打开文件；在“要记住的材料数量”中可以设置显示在“常用材料列表”中塑胶材料的数量。

在“鼠标”设置页面可以设置快捷组合键，以方便对模型的操作和查看结果，如图 4-4 所示。



图 4-4　“参数设置”之“鼠标”设置页面

在“结果”设置页面（图 4-5）可以添加或删除默认的分析结果或对列表中的结果进行排序。“优化内存以加快结果显示”栏可以通过不同的设置方式优化内存，还可以设置“用于结果显示的第二个单位系统”和“变形查询公差”。

在“默认显示”设置页面可以对实体的显示状态进行设置，如图 4-6 所示。每一种实体都会对应不同的显示状态，单击右侧对应的下拉按钮，可以根据实际需要选择最佳显示状态。

在“背景”设置页面可以对主窗口背景颜色进行设置，如图 4-7 所示。默认的背景颜色为纯白色，可以改换为其他单一颜色或以梯度调配显示不同的颜色。

（1）开启路径。显示最近打开过的项目名称，可以和当前运行项目切换。

（2）退出（X）。退出 Moldflow。

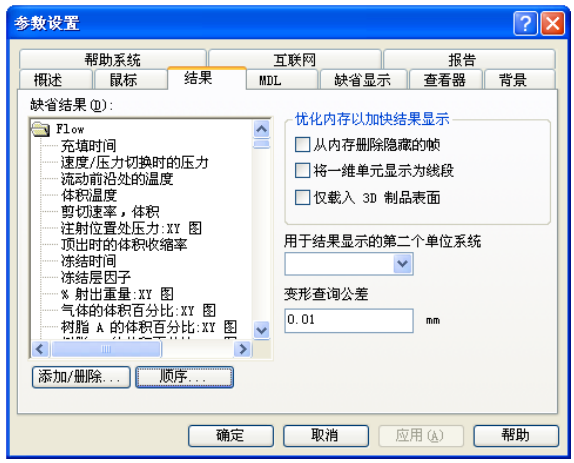


图 4-5 “参数设置”之“结果”设置页面

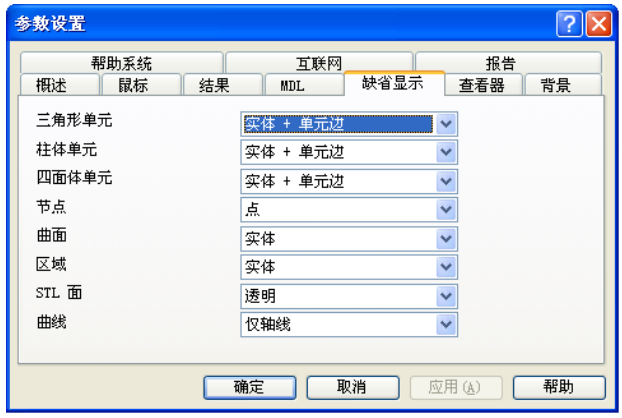


图 4-6 “参数设置”之“默认显示”设置页面

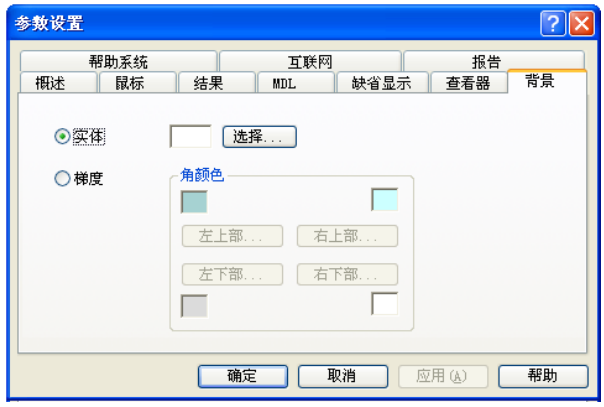


图 4-7 “参数设置”之“背景”设置页面

4.2.2 编辑

很多操作中的动作指令都包含在“编辑”下拉菜单中，如图 4-8 所示。

（1）撤销（U）。撤销前一步操作。

（2）重做（R）。重新执行上一步操作。

（3）操作记录（H）。对执行过的操作步骤的记录。

（4）剪切（T）、复制（C）、粘贴（P）、删除（D）。无文件格式限制指令。

（5）选择方式（S）。通过实体的属性、层、鼠标光标括取的轮廓（分为常用的矩形轮廓、特殊情况适用的圆形轮廓和多边形轮廓）来选取实体。在选取多个网格时，为了避免括选旁边的三角形，可以将鼠标光标的选取方式定义为矩形轮廓或圆形轮廓，尽量少的括选到旁边的三角形。

（6）全选（A）。将窗口中显示的实体全部选中。多用于执行平移、平移复制、旋转、旋转复制等指令。

（7）取消全选（E）。放弃选取已选中的实体。

（8）反向选取（L）。选中处于鼠标光标括选范围外的实体，也就是说，鼠标括选范围内的实体为非选择目标。当只有极少数实体属于非选择对象时可以采用本指令。



图 4-8　“编辑”下拉菜单

（9）展开选择（X）。先选中一部分实体，通过“扩展选择”指令可以由已选中部分向未选中部分扩张。可以在“扩展选择”对话框中设置一次扩选的层数，即由已选中实体的最外层节点向外括选设定的节点层数。多用于网格修补时。

（10）局部选择（B）。分别为“只选择光标完全框中的实体”和“只选择可见实体”。两个指令结合起来使用为“只选择光标完全框中的可见实体”。多用于编辑模型局部特征，快速选取单面网格，可避免选中对面的网格。由于系统默认过滤对面层的距离是一定的，当产品的某些部位非常薄时，系统会将两层网格当一层而全部选中。因此在编辑一些薄壁产品时应慎用此选择方式。

（11）方案注释（N）。如果要对产品的分析结果和改善方案做出注释，可单击此功能，将在主窗口右侧出现“方案注释”操作栏。

（12）图像抓捕选项。按不同的设置方式抓取图像。

（13）复制图像到剪切板（I）。快捷指令为“Ctrl”+“I”。这是一个非常有用的快捷组合指令，在制作模流分析报告时经常用于抓取主窗口的图像，不需要鼠标选择和另行保存，直接贴于报告页面上即可。

（14）复制图像到文件（F）。将当前显示的主窗口的图像另存为其他文件格式。

（15）保存动画到文件（M）。将分析后带有动画效果的当前页以动画形式保存起来。格式有 GIF、AVI 两种。

（16）属性（O）。显示选中实体的属性。

（17）指定属性（Y）。赋予选中实体属性，或改变实体已有属性类型。

（18）更改属性类型（G）。改变实体已有属性类型。

（19）删除未使用的属性（V）。删除当前不再使用的属性，可以节约磁盘空间。

4.2.3 视图

“视图”菜单可以执行各个工具栏的打开与关闭等操作，如图 4-9 所示。

（1）工具栏（T）。可以执行将各个工具条显示在屏幕上或隐藏显示等操作，如图 4-10 所示。

（2）工程（P）。显示或隐藏工程项目区。

（3）注释（N）。对分析过程或分析结果做出注释。

（4）层（L）。显示或隐藏管理层控制面板。因为层控制面板在整个分析过程使用频繁，一般默认使之显示状态，浮于窗口左侧，可随意放大或缩小。



图 4-9 “视图”下拉菜单



图 4-10 “工具栏”列表

（5）所有面板（A）。可同时控制三块主要面板：工程项目区、案例浏览区、管理层的显示与隐藏。

（6）命令行（C）。用于输入内部命令术语。

（7）模型显示（M）。将建立的模型及实体显示于窗口中。在未显示分析结果时，若使“模型显示”处于非选中状态时，“层控制面板”是无效的，无法控制实体的显示与隐藏。所以若通过“层”显示也不能使模型出现在窗口中时，应查看“模型显示”是否处于开启状态。

（8）默认显示（D）。可以通过默认设置中的指令调整系统参数。

（9）锁定（O）。所有视图(V)为锁定模型在不同的分析结果显示窗口中的大小和视角，在抓取图片、制作报告时经常用到，一旦改动一个窗口中的模型视角，其他窗口也会跟着改动；所有动画(A)为同步控制所有分析结果窗口中动画的播放，一旦在一个窗口中设定此选项，其他的动画播放将同时响应（注意：设定此指令时应使动画的播放帧数一致）；所有图(P)为在不同的分析方案中显示同一分析结果窗口，有利于对比不同方案的改善情况。

（10）解锁（U）。将已锁定的视图或动画解锁。

4.2.4 建模

创建特征的指令和工具栏均集于建模板块中，如图 4-11 所示。常用指令有创建节点、创建曲线、创建区域、创建模型上的孔和镶件；局部坐标系和建模基准面、实体的移动和复制；查询实体；系统根据相应的参数设置直接进行型腔复制，建立流道系统、冷却回路、模具表面；进行曲面的诊断及修复；简化模型等。

4.2.5　网格

针对网格的操作指令均集于网格模块中，如图 4-12 所示。



图 4-11　“建模”下拉菜单



图 4-12　“网格”下拉菜单

（1）生成网格（M）。生成模型的网格，浇注系统的一维单元和流道的一维单元，或对已划分网格的产品进行再次划分。

（2）定义网格密度（Y）。重新定义局部网格的密度，用于加密局部重要特征而提高分析的精度，或加疏平滑区域的网格而减少网格的数量，节约分析时间。

（3）创建三角形网格（T）。手动创建三角形单元。在点选三角形的三个节点时应遵循逆时针原则，才能保证新建的网格正确定向。注意此指令仅用于二维单元的网格，不能用于 3D 网格的修建。

（4）创建柱体网格（B）。直接应用已存在的两点生成柱体单元，同时还可以设置柱体单元的节数，相当于对柱体单元划分网格。系统默认生成的柱体属性为已存在属性。

（5）创建四面体网格（R）。创建 3D 网格的指令。通过选取空间的四个点可以直接生成实体网格。注意选取的四个点不能位于同一平面或接近位于同一平面，以免生成问题网格。

（6）网格修复向导（W）。此向导用于修复多种缺陷网格。可针对不同网格缺陷通过“前进”或“后退”翻动页面，逐一修补。

（7）网格工具（E）。包含所有修复网格缺陷的指令。

（8）全部取向（O）。当错误定向网格较少时可以多次采用系统自动全部取向进行修复，当错误定向网格很多时，采用自动取向修复后还要进行手动修复。

（9）网格诊断（G）。包含网格缺陷诊断、连通性诊断、一维单元诊断等显示缺陷或复查指令。

（10）显示诊断结果（D）。使“显示诊断结果”按钮处于单击状态可以使当前诊断结果显示在窗口中，取消单击会关闭当前诊断结果。

（11）网格统计（S）。统计网格信息，显示网格缺陷，显示网格匹配率等重要信息。

4.2.6 分析

“分析”菜单包含案例分析前的重要设置指令，如图 4-13 所示。

（1）设置成型工艺（O）。Moldflow 可提供的工艺分析类型包括共射出成型分析、热塑性塑胶注射成型分析、微发泡成型分析、反应成型分析、气辅成型分析、热塑性塑胶双色/双射成型分析。

（2）设置分析顺序（S）。可以根据实际需要选择分析的类型，如图 4-14 所示。如果需要快速查看产品的充填情况，可以选择“充填”选项；如果需要查看保压的效果，则应该选择“流动”选项；完整的模流过程为“冷却+流动+翘曲”分析。如果允许，建议大家选择完整的模流分析过程。



图 4-13 “分析”下拉菜单

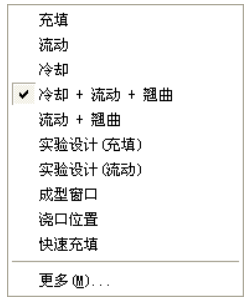


图 4-14 选择分析类型

（3）选择材料（M）。可以根据客户给出的材料信息选择客户需求的塑胶材料。如果系统材料库里没有客户需求的塑胶，可以用一种性能相近的塑胶替代。

（4）工艺设置向导（P）。分页设置“冷却+流动+翘曲”分析中需要用到的成型参数，例如模温、料温、注射时间、成型周期、保压、分析翘曲时需要考虑的因素等。如同试模时对机台参数的反复调整，为了得到理想的分析结果，有时也需对模流分析参数进行多次调整。

（5）从 MPX/Shotscope 输入数据（T）。从 MPX/Shotscope 端口向 MPI 输入机台参数和成型工艺参数等。

（6）设置注射位置（I）。单击“设置注射位置”指令，光标变成十字交叉，右上角的图标是浇口的模型。单击主流道端点或直接单击产品模型上适合的进浇位置处的节点，即可完成浇口的设置。

（7）设置冷却液入口（N）。单击“设置　冷却液入口”指令，出现“设置　冷却液入口”对话框，如图 4-15 所示。在内设置冷却液的属性，光标变成十字交叉，单击属性相同的冷却管道的进水口。

【注意】 只能一次性完成属性相同的冷却管道进水口的设置，属性不同的管道需另行设置。

（8）设置关键尺寸（D）。当使用某种材料进行分析时，需要知道产品实际的体积收缩值是否在预定的范围之内，才能保证产品的关键尺寸没有超出既定的公差范围。在进行流动分析前，单击“设置关键尺寸”指令，出现“设置关键尺寸”对话框，如图 4-16 所示。单击产品上主要的管控尺寸所在的两端的端点，分别在“尺寸公差”栏的“上（+）”和“下（-）”文本栏中输入既定的公差值。单击“应用”按钮，将出现蓝色的双箭头尺寸标注线。分析结束后系统将显示在分析得到的体积收缩值下，能否保证产品的关键尺寸的精度，从而指导模

具型腔的放缩水范围。此项结果尤其适用于指导精密模具型腔的放缩水。对于一些需要严格控制产品变形来减少对产品关键尺寸影响的精密模具，可采用依产品不同位置的实际体积收缩值来控制型腔不同位置的放缩水值，保证尺寸的精度，如图 4-17 所示。

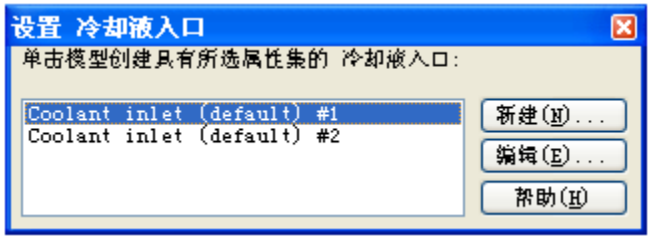


图 4-15 “设置　冷却液入口”对话框



图 4-16 “设置关键尺寸”对话框

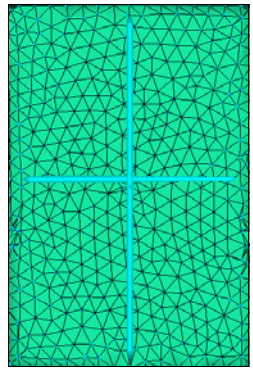


图 4-17　关键尺寸设置结果

（9）设置约束（C）。在应力分析和翘曲分析前对模型进行约束设置。壳体单元的形态就是平面的三角形，并由这些三角形拼接逼近曲面的真实轮廓。虽然每个单元与它邻近的单元在厚度上可能有所差异，但通常都将单个网格的厚度假设为定值。一个壳体单元由三个质点组成。通常情况下，每个质点均有六个运动自由度，包括平行于空间三轴的三个位移自由度和围绕空间三轴的三个旋转自由度。一般来说，对于扁平的单元，只用五个自由度便足以限制它的运动，分别为三个位移自由度和两个以单元中心面为轴的旋转自由度。但是如果用六个自由度限制质点的运动，在很多情况下可以在前期的处理工作中省去另行设置约束条件的

麻烦。Moldflow 一共有四种约束方式的设置，操作的过程为先选择约束的方式，再在项目栏出现的对话框中首先选中模型上需要设置约束的节点，其次选择约束的用途，可以用于应力分析、翘曲分析、应力和翘曲分析、型芯偏移分析共四种分析类型。

① 固定约束(F)。约束节点所有的运动自由度，如图 4-18 所示。

② 销钉约束(P)。约束节点三个轴向平移自由度，但可以旋转，如图 4-19 所示。



图 4-18 “固定约束”对话框



图 4-19 “销钉约束”对话框

③ 弹性约束(S)。弹性约束用来模拟不连贯的弹性支撑。设置时需要设定弹簧的强度，如图 4-20 所示。

④ 普通约束(G)。根据实际分析需要手动选择性设置约束的自由度，如图 4-21 所示。

（10）设置载荷（L）。为了模拟作用于产品上的载荷对产品应力的影响，在进行应力分析前可以对产品模型不同部位设置一定量的载荷。加载方式共有六种，如图 4-22 所示。

【注意】 *在加载载荷前应对模型进行约束设置。*

① 点载荷（P）。向模型的节点上设置点作用的载荷，同时确定作用力在空间三坐标的分力大小和力矩。

② 边载荷（E）。向模型的边缘部位设置载荷。

【注意】 *为了正确的施加载荷，应选中边缘上所有的节点。*

③ 面载荷（S）。向网格表面施以均匀分布的载荷，同时确定作用力在空间三坐标的分力大小。

④ 压力载荷（R）。向网格表面施以均匀分布的平行应力。因施加的应力平行于网格表面，所以只需设定应力的大小即可。



图 4-20　“弹性约束”对话框



图 4-21　“普通约束”对话框



图 4-22　“载荷加载方式”工具条

⑤ 热载荷（T）。以象征提高模型局部温度的方式向网格的上下表面施加热载荷，用来模拟产品在使用中受热时的行为。

⑥ 体载荷（V）。向产品模型在单一方向施以均匀的作用力，如模拟分析考虑重力的影响时可以采用施加体载荷的方式。

（11）设置动态进料（R）控制位置（F）。分时间段控制热浇口处的进浇压力，如图 4-23 所示。为了更好地控制浇注系统和型腔的充填，可采用分时间段设置射压的方法，灵活控制熔融塑胶在不同位置的流动速度，及时改变熔融塑胶的流动形态，从而达到避免很多充填问题的目的，得到品质优良的塑胶制品。

（12）编辑阀浇口时间控制器（E）。控制阀浇口的开启时间和关闭时间，如图 4-24 所示。尤其当一个产品采取多点进浇时，可根据实际需要调节各个阀浇口开启和关闭的时间和顺序，以实现对熔融塑胶流动的控制。

（13）立即分析！（A）。当所有的准备工作都完成之后，便可对此方案进行分析了。在案例浏览区双击“立即分析！”，系统开始进行模拟分析。

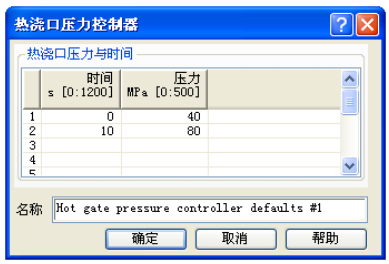


图 4-23 “热浇口压力控制器”对话框



图 4-24 “阀浇口时间控制器”对话框

（14）任务管理器（J）。用于对方案的管理和监控、分析的开始和中断、配置分析项目的优先级等工作，如图 4-25 所示。左上面板显示当前所有的方案，它的架构和内容同项目栏是一致的。左下面板显示进行中的分析工作的次序。右侧是分析工作迭代计算进度预览，显示已完成的工作和进行中的工作以及已完成的百分比。对于正在进行中的工作还可以设定分析的优先级。

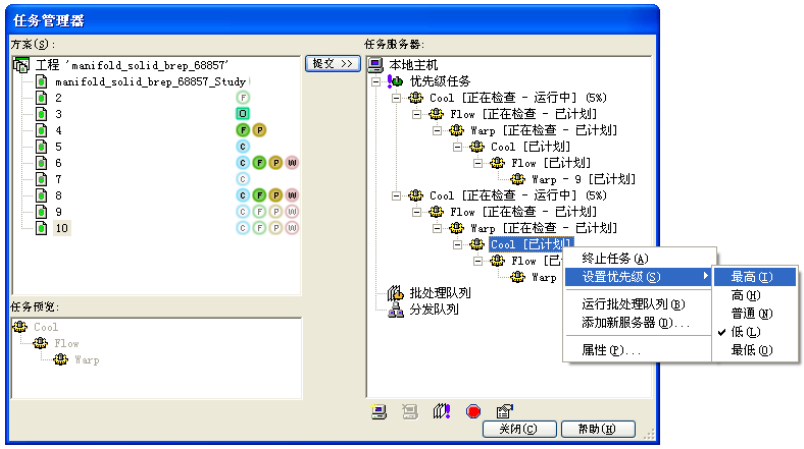


图 4-25 “任务管理器”对话框

4.2.7 结果

“结果”菜单可以执行显示新的图形类型、查看分析结果、编辑结果显示等针对分析结果的操作，如图 4-26 所示。

（1）新建图（N）。为了方便查询，可以将分析结果以不同的类型显示，例如同一结果，系统默认的显示方式是渲染式，为了单独显示模型某一点处的过程变量，可以建立二维坐标式显示方式。有些分析结果只有一种显示方式。

（2）新建计算的图（Calc）（C）。在已有的结果基础上，将两种相关联的显示结果通过数学公式的换算产生新的结果，例如将两种结果相加、相减或相乘、相除，运算的值形成新的显示结果。

（3）新建定制图（N）。此定制方法是通过改变系统默认产生结果的机理。不同的产生机理，同一种相同显示结果之间也会有差异。例如，系统默认产生的熔接痕结果为两股料流的最大聚合角度为 135°，如果改变两股料流的最大聚合角度值，熔接痕的长度也会随之出现变化，如图 4-27 所示。可以应用 MPI 这项指令判断最大聚合角度对熔接痕长度的影响。

（4）绘图属性（P）。用于执行对显示结果的属性更改。选中某一结果，单击鼠标右键，

选择“属性”命令，也会出现“属性”对话框。



图 4-26　“结果”下拉菜单

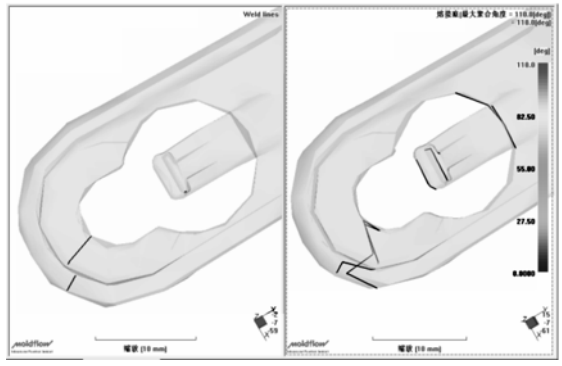


图 4-27　最大聚合角度值为 135° 和 110° 时熔接痕比较

（5）查询结果（Q）。用于查看模型任意位置的分析结果。单击此指令，光标变为右上角附有“？”的十字交叉，将十字交叉单击模型的任意位置，就会出现点中位置的结果显示。按住“Ctrl”键，可以连续取值。

（6）加批注释（T）。如果要对产品分析的结果或改善方案做批注，可选择此功能，将在主窗口右侧出现“加批注释”操作栏。

（7）翘曲结果查看工具（L）。执行翘曲分析结果的查看、编辑等操作，详见第 10 章。

（8）恢复原始位置（E）。将手动设定的翘曲显示结果显示恢复到默认效果。

（9）保存整体图形属性（G）。当图形显示效果被编辑后，单击此指令系统会提示操作者是否保存已更改的属性，或选择性保存已更改的属性，如图 4-28 所示。

（10）将当前图形属性另存为默认值（V）。将编辑后的图形属性作为新的默认值保存。

（11）保存 XY 图曲线数据（S）。将显示类型为 XY 图曲线的分析结果输出另存。

（12）保存图形数据为 XML 格式（X）。将图形数据以 XML 档输出另存。

（13）保存图形数据为 Patran 格式（F）。将图形数据以 Patran 档输出另存。

（14）输出翘曲网格/几何（W）。将翘曲分析结果中出现形变的几何模型以 stl 档或*.udm 档输出，如图 4-29 所示。可以将发生形变的几何图形以实际翘曲结果输出，或以和实际翘曲反向的结果输出。模具利用反翘曲的原理可提前对翘曲做出预补偿。

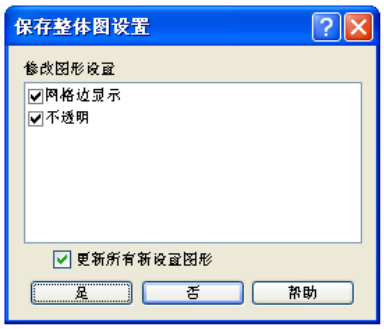


图 4-28　“保存整体图设置”对话框



图 4-29　“输出翘曲网格/几何”对话框

（15）刷新（R）。将显示图形以最新分析进度显示。

4.2.8 工具和窗口

（1）报告（P）。可以执行一系列的自动生成报告图文的操作。

（2）工具（T）。主要是对塑胶材料属性数据、机台参数、成型工艺和典型网格属性的个性化建立与编辑和对宏指令的操作。可以建立个人塑胶材料数据库，既可以对系统原有材料进行编辑，也可以导入新材料的特性数据。

（3）窗口（W）。可以执行多种窗口显示方式的切换操作。

（4）帮助（H）。可以执行帮助文件的查看和模流常识的解析。

以上绝大部分的操作指令均以快捷按钮存在于窗口的工具栏里。

4.2.9 工具栏

绝大多数指令的快捷图标均位于工具栏，操作时直接单击即可。

4.2.10 项目管理区

面板内存放导入模型的分析方案，可用已存在的方案复制新的方案，完成不同的分析任务。MPI 6.1 不同于低次版本的一个地方是将部分工具栏的操作指令对话框放在了项目栏里，而不是一律出现在主窗口里。单击项目栏最上侧“工具”按钮，会出现一排集合指令按钮，分别为建模指令、网格诊断指令和网格修补指令等。单击相应按钮，选择下拉框中的指令，会出现指令对话框，大部分和以往的操作步骤相同，如图 4-30 所示。

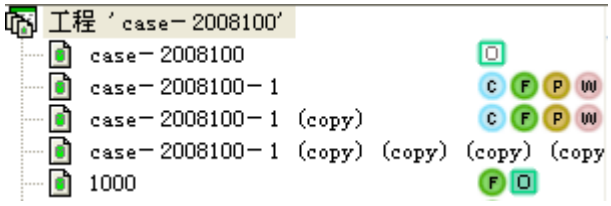


图 4-30 项目管理区

4.2.11 案例浏览区

包含每一个方案的信息，例如工程的名称、方案的名称、网格类型和网格数目、塑料材质、冷却管道数目、浇口数目、工艺参数和分析输出结果等信息。用户可以在案例浏览区对相应的设置进行更改，如图 4-31 所示。



图 4-31 案例浏览区

4.2.12　图层管理区

用于存放项目中所有实体元素，包括模型的 stl 档、划分完网格后生成的三角形和节点，建模生成的浇注单元、冷却单元、镶件、入子等。按照元素的属性，将其归在同一层中，如图 4-32 所示。对于一些需特殊查看的对象，可建立新层，重新命名，方便快速查寻和编辑。灵活运用图层既可以大大提高前期准备工作的效率，又便于后期查看结果、制作报告。

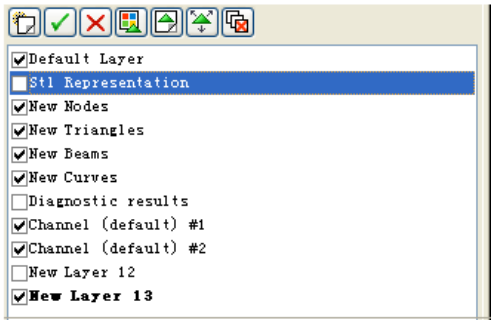


图 4-32　图层模块

层的操作包括如下内容。

（1）新建层。利用系统向导生成的实体会被自动放入相应的层中，手动创建的实体会被系统依照属性放入相应的层中。如果需要在不同的层中重新分配实体，可以先创建新的管理层，再将实体分配入内。

（2）激活层。将一般层激活为活跃层。激活层不能被删除。在每次执行层的删除时，如果删除的不是空层，系统都会提示是否要将当前删除层中的实体放入激活层中。

（3）删除层。空层可以直接删除，在删除非空层时系统会提示用户是否需要将层中的实体放入激活层中。

（4）赋予层中实体属性。用于改变实体颜色和显示状态。这个指令经常和编辑实体显示状态指令搭配使用。

（5）分配实体。将选中的实体分配到某一层中。选中实体后，在层管理区单击目标层，再单击“分配实体”指令即可。

（6）层展开。多用于选择网格时。用户可以设置一次性扩展的层数，以选中的单元周围的节点层数为准。

（7）清除层。将没有实体的空层清除掉。当复杂的模型或杆单元的类型很多时，经过多次的新建和删除操作后，可能会产生空层，但用户不易查找。单击“清除层”指令，可将空层全部删除。

4.2.13　主窗口和状态栏

根据分析任务的需要，在主窗口中显示前期准备工作中需操作完成的对象和分析后的输出结果。这些对象按各自的属性分类归入相应的层中，方便查询和编辑。

本章小结

本章主要讲解 Moldflow 软件的操作模块和操作指令。在 Moldflow 中，绝大多数操作均可通过菜单栏、工程项目区、案例浏览区和图层管理区完成，包括建模、设置工艺参数和查看分析结果等。熟练掌握这些模块的功能和操作会令读者的学习事半功倍。

思考与练习

4-1 Moldflow 软件的主要模块有哪些？
4-2 如何改变实体的颜色和显示状态？
4-3 如何在模型上设置关键尺寸？
4-4 约束类型之间有什么区别？
4-5 如何新建熔接痕结果定制图？
4-6 简述图层管理区的功能。
4-7 如何在层之间分配实体？

第 5 章　模型网格的划分和修补

模流分析，顾名思义就是模拟流动分析，模拟液态或处于类液体状态的物质的流动形态。宏观熔融塑胶的流动实际上就是微观塑胶分子在外力驱使下的运动。当由这些塑胶分子组成的浩浩荡荡的队伍到达型腔不同的特征位置时，会表现出怎样一种流动行为，是模流软件开发者研究的精髓所在。而产品是行腔形状的再现，于是产品被划分为若干网格，产品的每一处特征都由不同数目、大小适宜的网格组成。而产品也就被分成了有限个个体，单个的个体展现的是塑胶分子在这一块儿的运动形态，大片的个体则成了熔融塑胶的流动形态，如同单个水分子是运动，而无数个水分子就成了流动。将一个整体划分为无数个相关联的单体来研究，相当于既研究每个单体又研究单体间的相互作用，这样一来就展现出一个宏观的整体不同、部位不同的形态。这恰是此时也不难以理解为什么网格间都必须是相互连通的。

这样一来，同样不难理解为什么网格划分的越细、越小，所得到的分析结果就越接近于塑胶在模具型腔内实际的流动形态，得到的细节信息也越多。设想一下如果我们将网格划分小到每个塑胶分子大小，那么模流软件分析的结果就会和型腔注塑的结果是完全相符的。与此同时又一个严峻的问题出现了，那将会耗去非常长的时间。考虑到运动到型腔某处的邻近塑胶分子的运动形态是一致的，就可以将这些运动形态一致的分子看成一个整体，于是宏观的网格便横空出世了，于是产品被划分成了有限个单元。

相信现在读者朋友应该对网格边长和网格间的连通性有了深刻的印象吧。适当的边长比即可满足分析需要，过小的边长会产生过多的网格，计算机分析的时间会大大加长。从综合效益出发，应确定一个既能充分保证分析精度又能在最短的时间内得出精确分析结果的折中点。

在 Moldflow 中，有限元的形态为三角形。模型的表面特征便由平面三角形拼接逼近而成，形态为网状，所以模流中的三角形又称网格。Moldflow 拥有强大的网格划分功能，可以根据用户定义的三角形边长值自动划分出网格。质量上乘的网格是取得准确分析结果的前提，因此网格的划分和修补工作非常重要。质量过低的网格会导致模型多处的显示结果和实际成型情况不符，影响全局的分析精度，甚至会导致分析的失败。

Moldflow 用于分析产品结果所用的时间占流动分析总时间的绝大部分。注塑成型的制品经常有细小复杂的特征，如小圆径过渡圆弧、保护模具机构的塑胶薄片等。那些细小特征对于制品的造型及功能来说很重要，但却对塑胶的填充影响很小。如果将这样的特征取消掉，既可以简化模型和缩短分析时间，又能全面反映制品填充的准确性。

5.1　网格的类型

在 Moldflow 中，一共有三种类型的网格，分别是中面网格、表面网格和实体网格（3D 网格）。

1）中面网格

中面网格是 Moldflow 公司较早用于模流分析的网格类型。它是一种以二维的形式通过产品不同处厚度上的定义来实现产品的流动分析，如图 5-1 所示。经过多次实践验证，中面网格可以准确模拟简单、薄壁产品的填充行为，其分析的准确性得到了广泛的认可。由于二维网格的局限性，在分析前需做大量的处理工作来保证网格的质量，有时需要在 CAD 软件中事

先做好模型的中层面，导入 Moldflow 中才能生成质量比较好的网格。

2）表面网格

表面网格是基于 Moldflow 公司专利技术的 Fusion 网格，是一种介于实体网格（3D 网格）和中面网格的网格类型。它以产品抽壳的形式，如同闭合的模具型腔一样展现出产品的外轮廓，内部被抽空，属于 2.5 维的空间造型，如图 5-2 所示。通过网格以上下对应面的关系来实现流动上的对应关系。因此就有了表面网格独有的网格匹配率的概念。上下面匹配的网格可以很好地展现熔融塑胶在这一部分的流动，而不匹配的网格上下面的流动是独立的，和实际充模现象不符。所以使用表面网格进行流动分析时一定要注意网格的匹配率。当网格匹配率达到或高于 85%时，则认为网格的质量比较好，可以满足冷却、流动、翘曲的分析。

3）3D 网格

3D 网格也就是通常所说的实体网格，真实展现实体产品的网格类型，如图 5-3 所示。上面讲到的中面网格和表面网格均是基于面的形式，而 3D 网格真正将产品在厚度上以直观的多层网格组成，模拟熔融塑胶前沿在闭合的型腔内部的流动行为。因 3D 网格的划分是以表面网格为前导，继而再在产品厚度上划分出网格，网格的数量成倍增加。虽然在分析时系统会自动对网格做出处理，但分析的时间仍相对比较长。



图 5-1　中面网格

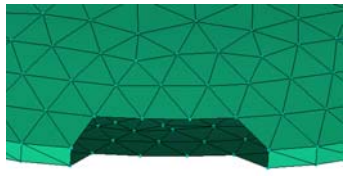


图 5-2　表面网格

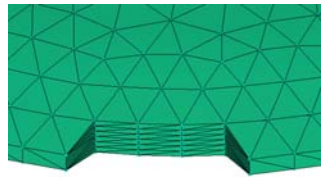


图 5-3　3D 网格

5.2　模型的输入

（1）双击桌面上 Moldflow 图标或于“开始”处单击打开 Moldflow，Moldflow 的初始界面如图 5-4 所示。

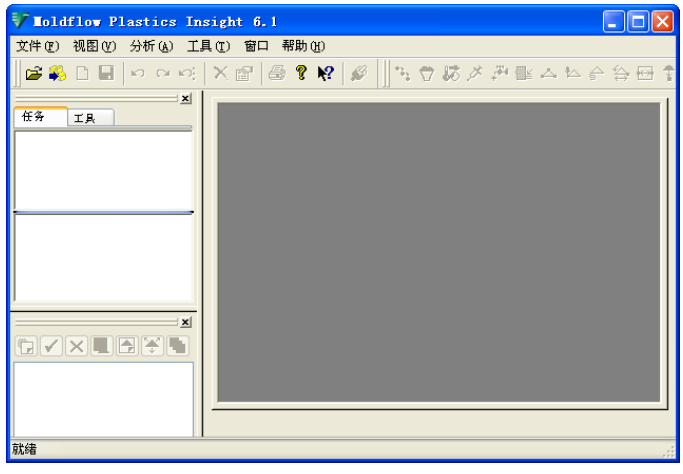


图 5-4　Moldflow 初始界面

（2）单击“导入”按钮，出现“模型导入”对话框。双击要导入的 stl 档。

（3）弹出“模型输入”对话框。选择网格类型和定义尺寸单位，如图 5-5 和图 5-6 所示。选择表面网格、单位为“毫米”（注意模型的尺寸一定要和源档尺寸一致），单击“确定”按钮。



图 5-5　选择“网格类型”

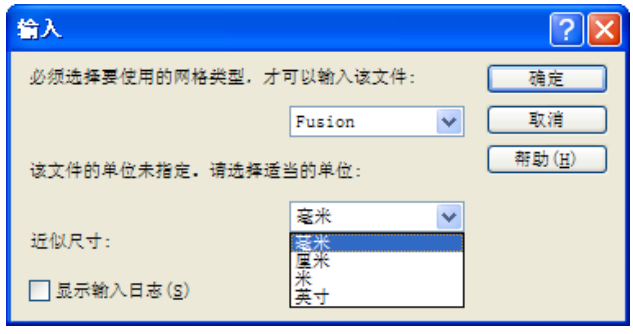


图 5-6　定义“网格尺寸”

（4）输入工程名称，建立保存路径。在“工程名称”文本框中输入文件名。工程名称会默认作为保存此模型分析时生成文件的文件夹的名字出现在路径文件夹的后面，如图 5-7 所示。

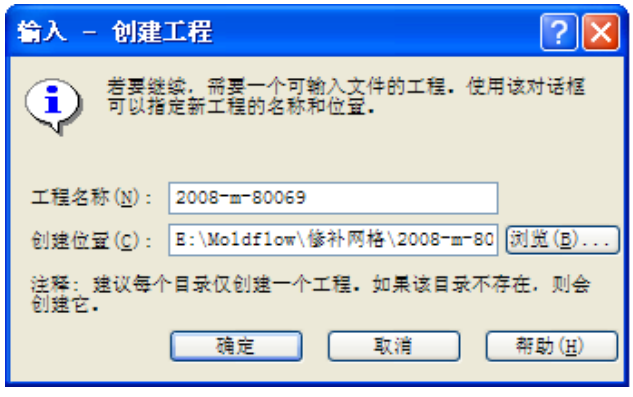


图 5-7　“输入-创建工程”对话框

（5）模型导入 MPI 中，如图 5-8 所示。测量模型外形尺寸，看和源档尺寸是否一致，尤其当导入模型时系统弹出尺寸单位不是“毫米”时。如果测量结果出现数量级的差异，则表

明导入时单位定义有误，需重新导入或通过比例缩放改回正确尺寸。

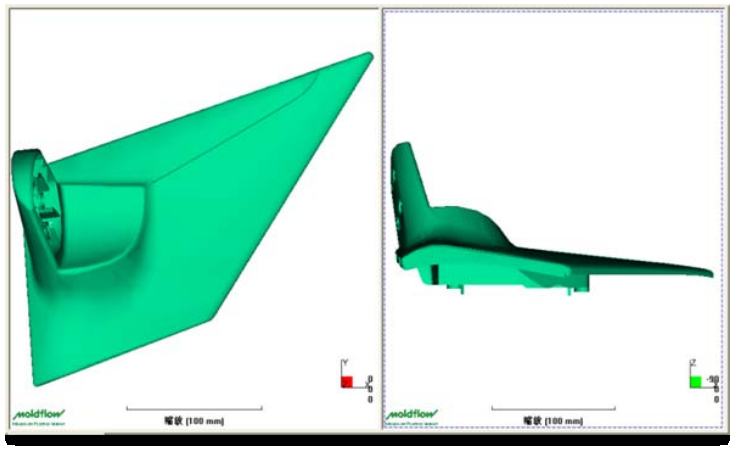


图 5-8　模型正视图和侧视图

（6）检查模型坐标+z 向是否和开模方向同向，如果不是，将模型通过旋转的方式调整方向，使母模侧位于坐标+z 向，这样系统在分析锁模力时才能得到和实际情况接近的值。为了方便和其他模型配合，如产品为 Insert molding 时，建议旋转参照点为绝对坐标（0，0，0），Insert 导入后可以绝对坐标（0，0，0）为参照点旋转后直接和产品配合。

（7）保存文件。单击“保存”图标保存文件。位于同一案例浏览区的所有项目及分析时系统生成的文件都将保存到已设定的统一目录下，如图 5-9 所示。



图 5-9　系统生成的文件图标

若在以后查看某一产品的分析结果时，可以直接单击导入此产品时命名的文件夹，再双击主文件即可。

5.3　网格的划分

系统会根据用户在导入模型时定义的网格类型来划分网格。因 Fusion 网格（表面网格）的划分和修补具有代表性，现在就以 Fusion 网格为例系统地讲解网格的划分过程。

1）设置网格划分参数

选择菜单栏中“生成网格”命令，或直接单击工具栏中网格生成按钮，在项目栏的“工具栏”出现“生成网格”对话框，如图 5-10 所示。

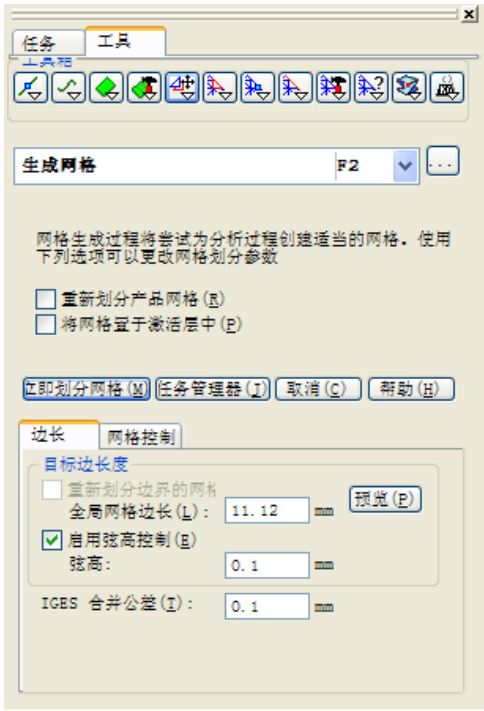


图 5-10　“生成网格”对话框

2）生成网格的设置选项

（1）重新划分产品网格。对需重新划分网格的元素执行再次划分网格。对已划分网格的对象需再次进行网格划分时，必须勾选此项系统才会受理完成，否则系统不予划分，同时出现错误日志。

（2）将网格置于激活层中。将划分后的网格放入激活层。勾选此项后，划分的网格将不按属性归入层，而是全部归入当前激活层中，容易产生混乱，因此一般情况下不勾选此项。

（3）立即划分网格。执行网格划分的命令。在设置完网格划分参数后单击此按钮，开始划分网格。

（4）全局网格边长。网格边长控制文本框。系统会根据模型的全局尺寸和细微特征处的尺寸给出默认网格边长值 11.12mm。确定网格边长的标准是能够保证分析的精度、能够完整体现模型的细微特征。通常网格的边长值为产品最小厚度的 1.5 倍或稍大时就可以保证分析的精度。系统会在模型的细微特征处自动加密网格，从而保证整体分析的精度。用户可以根据产品的大小手动输入适宜的值或根据系统给出的默认值先划分出网格，再根据网格的质量和数目重新划分。当网格的边长值比较大时，网格的数目相对较少，分析占用的时间比较短。但太大的边长值对于复杂薄壁的产品，某些细节特征体现得不是特别好，在分析的过程中有些结果可能体现不出来或与实际有些出入；当网格的边长值比较小时，网格的数目相对较多，分析所用的时间比较长，但模型上的细微特征体现得很好，可以提高分析结果的精度，并得到更多的细节上的信息。有时使用小一些的网格边长值是提高网格匹配率的有效途径。

（5）启用弦高控制。“弦高”就是圆弧的顶点到圆弧两端点相连直线的垂直距离。当模型上有曲面存在时，应用“弦高控制”可以使划分后的网格更加细致、更逼真地再现模型的曲面轮廓。不勾选此项就会使一些曲面处的网格过于粗大，从而可能使曲面的轮廓得不到很好的再现。

（6）IGES 合并公差。此选项用于文件格式为 iges 档的模型。勾选此项，在划分网格的过程中系统会自动合并距离小于文本框中显示值的两个节点，从而消除一些狭长的、零面积三角形，减少网格修复的工作量。系统默认值为 0.1mm。可以根据产品的实际尺寸调整容差值。

（7）预览。网格划分参数设定完成后，可以预览划分的效果。图上紫色的圆球表示网格节点的密度，如图 5-11 所示。

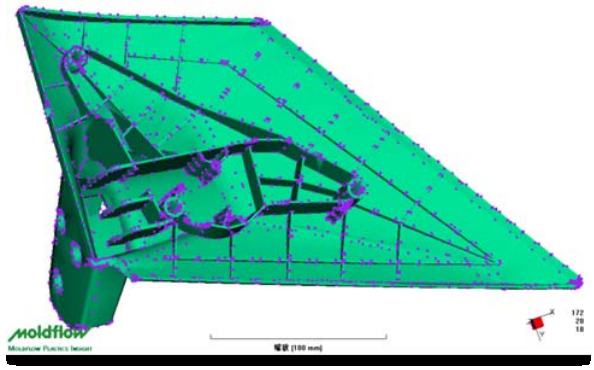


图 5-11　网格预览效果图

（8）网格控制。针对模型具体的情况，通过不同的方式控制网格的质量。

NURBS 曲面 Mesher：分别通过“曲面曲率控制优化纵横比”和“临近控制优化纵横比”两种方式优化网格的纵横比。

（9）后处理。分别通过“匹配网格”和“平滑网格”两种途径提高网格的匹配率。其中“匹配网格”需处于常选状态保证网格的匹配率。“平滑网格”仅对 iges 档的模型起作用。

（10）自适应网格划分。根据模型不同处的特征优化网格，通常处于常选状态。

将主窗口和状态栏相接的下边缘向上拖动，显示网格划分的过程，如图 5-12 所示。分析过程输出结果以同样的方式出现在主窗口中。



图 5-12　网格划分过程显示

5.4　检查网格质量

网格划分完毕，如图 5-13 所示。网格数目为 8380 个。建议大家先查看全局网格大小的均匀性（未设定网格大小自适应功能），查看模型细微特征处的轮廓有无产生严重畸形或丢失，模型的边缘有无畸形等。

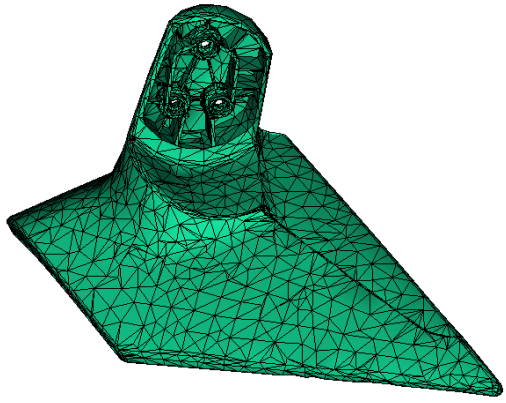


图 5-13　网格划分效果显示

单击“网格信息统计”按钮，出现“网格统计”对话框，查看网格的匹配率可能存在的缺陷问题，如图 5-14 所示。由于针对此模型是第一次尝试性划分网格，所以主要关注它的匹配率。在图 5-14 的对话框中可以得到网格的匹配率为 74.9%，对于冷却分析和翘曲分析，这并不是一个理想的网格匹配率。没有出现其他网格缺陷。



图 5-14　一次“网格统计”结果对话框

5.5　优化网格

尝试改变网格边长值看能否可以提高匹配率。建议大家在采用不同边长值重新划分模型的网格时，先删除模型已有网格，这样可以使划分后的网格更好地体现模型的轮廓。使用“Ctrl＋Z”组合快捷键撤销上一步网格划分指令。在“生成网格”对话框中将默认值 11.12 命名改为 6mm。修改网格边长值时应注意产品的大小及穴数。如果单个模型的网格数目比较多，而且排布的穴数比较多，建议大家将网格的边长值设得稍大一些，这样可以减少网格的总数，有效控制分析的时间。鉴于产品外形尺寸比较大，为 268mm×251mm×126mm，本产品采用一模一穴成

型，因此可以适当增加网格的数目。单击“立即划分网格”按钮。

网格划分完毕，如图 5-15 所示。网格数目由原来的 8380 个增加为 16482 个，匹配率由原来的 74.9%提高为 82.6%，没有出现其他网格缺陷。82.6%的匹配率对于冷却和翘曲分析仍然不够理想。现在我们可以通过优化第二次划分的网格来进一步提高匹配率。不改变网格边长值，勾选“重新划分产品网格”选项，单击“立即划分网格”按钮。这一次划分的目的是均衡网格的大小及分布，优化网格匹配率。再来看网格的数目和匹配率网格的数目已由 16482 个减少为 15452 个，网格的匹配率由 82.6%提升为 85.3%，如图 5-16 所示，无其他网格缺陷。

以上操作证明减少网格边长值和进行优化划分可以有效提高一些复杂产品的网格匹配率。鉴于优化网格时系统难免会出现误差，甚至会加重畸形的程度，提醒大家一定要慎用。

网格的匹配率很大程度上取决于产品 part 档的造型，所以有些匹配率低的模型很难提高，只能根据情况将匹配率提升到相对最高值。



图 5-15　二次“网格统计”结果对话框



图 5-16　优化划分后“网格统计”结果对话框

现在得到优化后的模型网格，如图 5-17 所示。

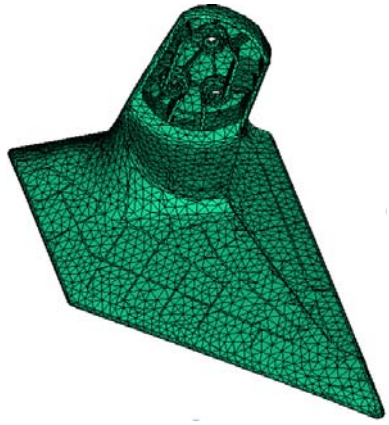


图 5-17　优化划分后模型网格

5.6　网格的诊断

系统在划分网格的过程中会产生一些问题网格，需要通过不同的方式进行修补。这些问题网格主要表现为纵横比过大、自由边与非交叠边、定向错误、相交单元与覆盖单元、漏洞、网格厚度有误等。除了网格自身的缺陷，还有划分后的模型局部出现畸形而导致的外形缺陷，模型造型有误造成网格叠加等不易查出和难以修复的问题。

在进行网格修补前最好先查看一下网格统计信息，如图 5-16 所示。网格统计对话框会把网格的全部信息都展现出来，包括实体统计和各种网格缺陷及问题网格数目，以及最重要的网格匹配率和互配率。在修补过程中可查看单项网格统计栏，以节约系统统计时间。

5.6.1　调入网格诊断工具栏

选择菜单栏中“视图（V）”下拉框中的“工具栏”指令，在出现的下拉框中选中“网格处理”指令，或将光标放置在工具栏直接单击鼠标右键选中“网格处理”按钮，就会在主窗口出现“网格处理”工具栏，如图 5-18 所示。将它移至工具栏，单击位于项目栏中的“工具”按钮，再单击按钮，直接出现“网格诊断”下拉菜单，如图 5-19 所示。这些诊断指令同时存在于菜单栏“网格（M）”中的“网格诊断”下拉菜单里。

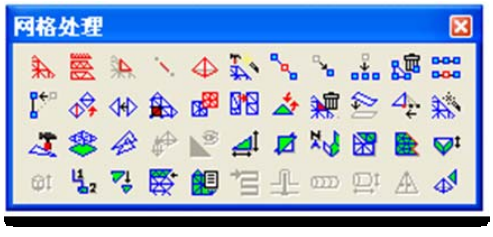


图 5-18　“网格处理”工具栏



图 5-19　“网格诊断”下拉菜单

5.6.2　网格缺陷诊断介绍

系统会将问题网格分成不同的类型，多数问题网格都可以通过相应的诊断方式诊断出来，用户可以一次性集中修补同一类型问题网格。先诊断再修补的流程不仅针对性强，不容易漏掉问题网格，还可以大大提高修补效率。单击图 5-18 中的图标，会出现相应的诊断对话框。在以下几小节里，将分类讲述问题网格的表现形式和诊断方式，帮助读者加深对有限元的认识，强化提高读者对网格质量的关注力度。

1．网格纵横比阐述及诊断

纵横比诊断(A)：用于诊断纵横比过大的网格。网格的纵横比十分重要，关系到分析的精度。在某些敏感区域，如进浇处，网格的纵横比尤为重要。网格纵横比的概念如图 5-20 所示。

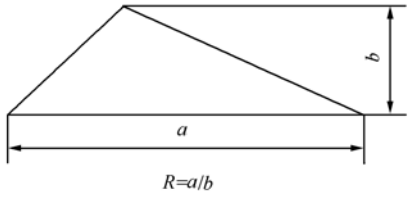


图 5-20　纵横比的概念

由图中的等式可以看出，*R* 值越大，三角形越趋于扁长。当 *R* 值无限大时，三角形的另两边合并于第三边。当三条边近似于落到一条直线上时，也就是在修补网格的过程中经常遇到的零面积三角形。在 Midplane（中面网格）和 Fusion（表面网格）里，推荐的最大纵横比值为 6，即 *R*=6。如果产品比较复杂，纵横比大于 6 的网格很多，可适当将纵横比放宽些，但不宜太大，否则在分析的过程中系统会将纵横比值大于 50 的网格全部以警告信息提示出来。在 3D 网格里，推荐的网格纵横比为 5～50，一般不超过 15 为宜。

Moldflow 模拟流动的实质是从产品上确定的注塑点开始，通过系统复杂的计算，得出这一点和它邻近的点是什么样的流动关系，以此类推，慢慢推算到离注塑点最远的点，也就是产品最后填充的地方。所以获得分布均匀的点阵至关重要。作为点的载体，三角形无疑是最理想的，而模流的有限元就是三角形的形式（有限元的表现形式其实有很多种，每一种形式均和不同计算方法相关联，在此点到为止）。对三角形的要求是个体均匀，分布规则，能很好地体现出产品局部特征。所以最理想的情况是三角形均为等边三角形或形态接近等边三角形。模型上上下面均平滑的区域，网格基本上接近于等边三角形；上下面特征差异较大的区域，网格的形态多呈现为扁长型三角形，如图 5-21 所示。

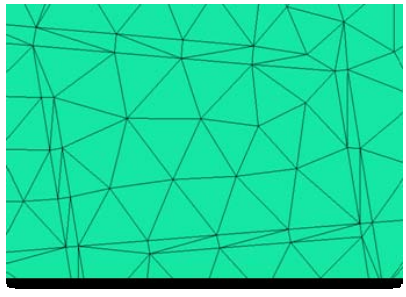


图 5-21　网格的形态

诊断方法：单击案例浏览区中的“工具”按钮，在这一排指令集合按钮中选中按钮，在下拉框中单击纵横比诊断(A)，出现“纵横比诊断”对话框，如图 5-22 所示。单击“纵横比诊断”右面的下拉框，同样会出现“网格诊断”工具栏，方便诊断工作的进行，如图 5-23 所示。



图 5-22　“纵横比诊断”对话框

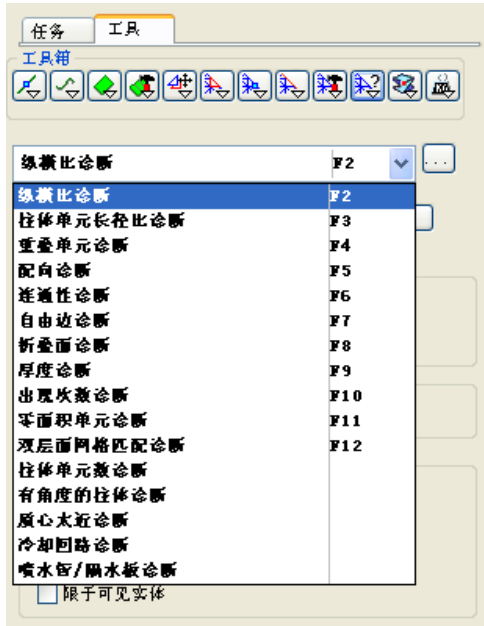


图 5-23　“网格诊断”工具栏

在图 5-22 中，在“最小值”右侧的文本框中输入接受诊断的网格的最小纵横比；在“最大值”右侧的文本框中输入接受诊断的网格的最大纵横比。这两栏意为诊断纵横比大于“最小值”小于“最大值”的网格。但为了显示所有纵横比大于“最小值”的网格，通常将“最大值”右侧的文本框留作空白。系统默认的纵横比最小值为 6，可以根据实际情况稍作调整。

在图中的“选项”栏中，可以将诊断结果以“屏幕显示”或“文本显示”两种方式显示：

“显示网格/模型”：通常处于常选状态，在屏幕输出中显示诊断出的网格和网格边界，如果不勾选，有些结果只显示模型，不显示网格边界，如图 5-24 所示；有些诊断结果只显示诊断标识，不显示模型和网格，如图 5-25 所示。

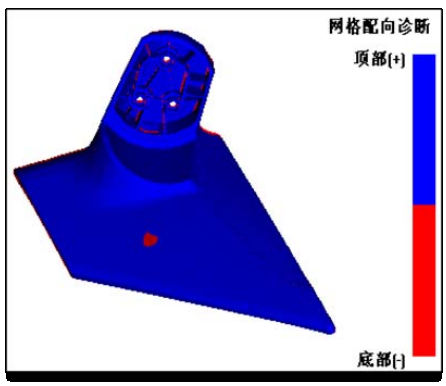


图 5-24　不显示网格边界效果

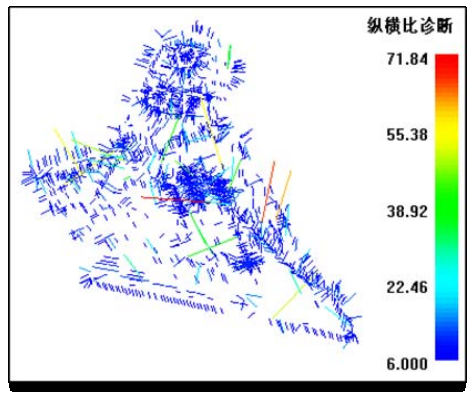


图 5-25　只显示诊断标识效果

“将结果置于诊断层中”：将诊断出的问题网格归入名为“诊断层”的新层中，方便查询和修补。

“限于可见实体”：只诊断“可见层”中的问题网格，对于“关闭层”中的网格不做诊断。

对于多数诊断标识，在问题网格修补完毕后会自动消失。在修补网格时，如果主窗口右侧的标识有所显示而在模型中找不到相应的元素时，可查看有没有元素存放于“关闭层”中。所以慎用“层模块”和“显示网格/模型”选项。

为了便于查找和修补，在“选项”栏勾选最佳显示方式，最后单击“显示”按钮。

M

2．重叠单元描述及诊断

重叠单元诊断(Y)：用于诊断处于交叉或叠加状态的网格。表面网格分上下两层网格，在模型转档或划分网格的过程中由于系统的误差，将上下面或临近的三角形交错到一块儿去，形成交叉或叠加单元：一种是网格相互交叉，如图 5-26 所示；另一种是网格面相互覆盖，如图 5-27 所示。

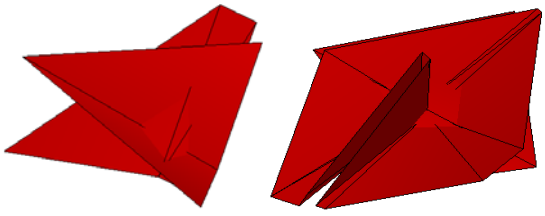


图 5-26　交叉单元的表现形式

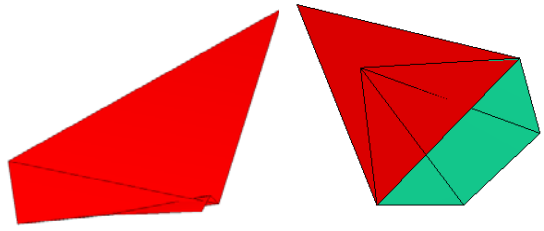


图 5-27　覆盖单元的表现形式

诊断方法：直接选择“重叠单元诊断”指令，出现“重叠单元诊断”对话框，如图 5-28 所示。

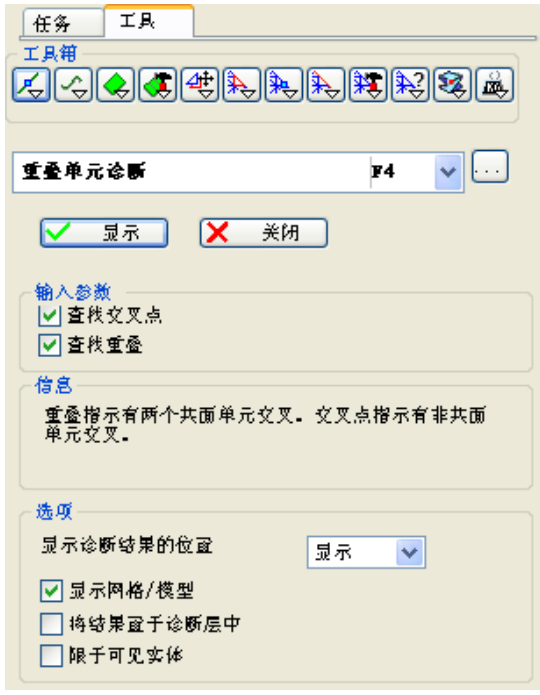


图 5-28　“重叠单元诊断”对话框

“查找交叉点”：查找模型上交叉的单元。

“查找重叠”：查找模型上覆盖的单元。

【注意】　在 Moldflow 中，系统将重叠单元分为两类。为方便用户快速查找和修补，在诊断前需设置显示哪种类型的重叠单元。鉴于这两种重叠方式独立存在的时候比较少，混合存在的时候比较多，建议同时勾选两项。

为了便于查找和修补，在“选项”栏勾选最佳显示方式，最后单击“显示”按钮。

3．网格配向描述及诊断

配向诊断(R)：用于诊断定向错误的网格。网格正确的定向是按照右手原则选取三个节点形成三角形，不按这种方式定义的三角形就会出现定向的错误。正确定向的网格上表面为蓝色，下表面为红色，错误大小的网格上下表面的颜色刚好相反，如图 5-29 所示。

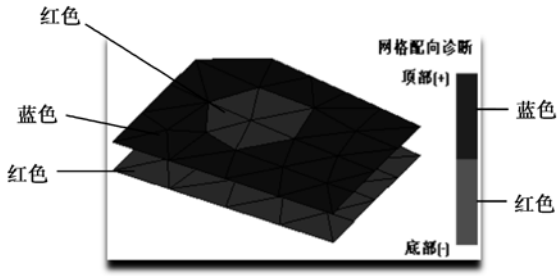


图 5-29　“配向诊断”结果显示

诊断方法：直接选择“配向诊断”指令，出现“配向诊断”对话框，如图 5-30 所示。



图 5-30　“配向诊断”对话框

【注意】 错误定向单元不能被归入诊断层，在错误定向单元完全清除后“网格诊断配向”标识不会自动消失。这时要把诊断结果以“文本”显示，查看是否有所遗漏。

为了便于查找和修补，在“选项”栏勾选最佳显示方式，最后单击“显示”按钮。

4．连通性描述及诊断

连通性诊断(C)：用于网格和杆单元之间连通性的诊断，如图 5-31 所示。连通的实体呈蓝色，未连通的实体呈红色。不论网格还是杆单元，实体间的连通都靠它们的端点。只要有实体存在，它的端点便不能被删除，但删除实体后，端点可以独立存在。Moldflow 的模拟流动也是从进浇点开始，逐渐推算到离进浇点最远的型腔末端。因此要求整个型腔和浇道是完全连通的。由于分析前必须经过网格修补和创建浇注系统，可能导致两段看似相连的连通实体并非共用同一端点，这就出现了非连通的现象。如果是出现在浇注系统之间，则熔融塑胶无法通过流道进入型腔，导致分析无法进行。所以在分析前必须检查应处于连通状态的实体是否存在非连通情况。

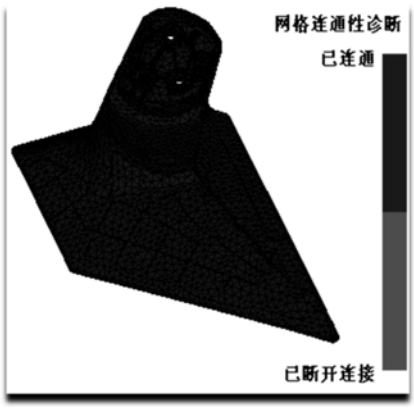


图 5-31 “网格连通性诊断”结果显示

诊断方法：直接单击“连通性诊断”按钮，出现“连通性诊断”对话框，如图 5-32 所示。单击模型上的任一节点或网格，在文本框将出现它们的序号。在 Moldflow 中，实体序号均用它们的英文名称的第一个字母为前缀，后面附上数字，如 N153、T113、B21，分别表示节点 N153，网格 T113，杆单元 B21。



图 5-32 “连通性诊断”对话框

“忽略柱体单元”：只检查网格间的连通性，不涉及杆单元。通常情况下，实体间的连通

中断多出现在浇注系统的杆单元之间和浇口与产品间，因此已建立浇注系统后应勾选此项。

为了便于查找和修补，在“选项”栏勾选最佳显示方式，最后单击“显示”按钮。

5．自由边描述及诊断

自由边诊断(F)：用于诊断模型的自由边和交叠边。模型上正常的三角形彼此均以边相接拼接形成模型的轮廓，每一个三角形的任意一条边都必须与它相邻的三角形形成共用边，才能保持网格间的封闭性。如果三角形的一条边未和其他三角形共用，这条边就是自由边，以红色显示，如图 5-33 所示；如果三角形的一条边和两个或两个以上三角形共用，这条边就是非交叠边，以蓝色显示，如图 5-34 所示。为了保持型腔的封闭性，自由边与非交叠边必须消除。

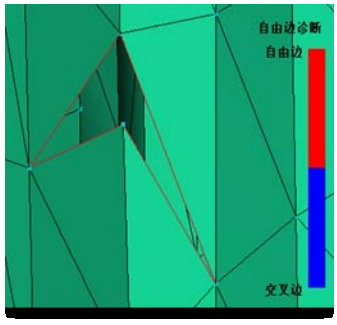


图 5-33　“自由边”显示

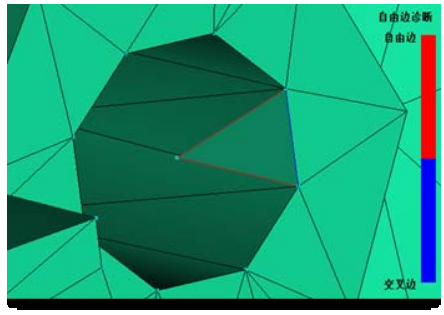


图 5-34　“非交叠边”显示

诊断方法：勾选“将结果置于诊断层中”选项，单击“显示”按钮，出现“自由边诊断”对话框，如图 5-35 所示。



图 5-35　“自由边诊断”对话框

“查找交叉边”：勾选此项会同时诊断出非交叠边。

为了便于查找和修补，在“选项”栏勾选最佳显示方式，然后单击“显示”按钮。

6．折叠面描述及诊断

折叠面诊断(O)：用于诊断网格上下面的节点由于误差合并到一起，从而形成的局部网格塌陷的缺陷，如图 5-36 和图 5-37 所示。网格对应面之间的距离反映的是模型此处的厚度，如果它们共享同一个节点，就会造成零距离，不能真实地反映这两层网格间的厚度，相当于改变了模型的局部特征。局部塌陷的网格是不会阻止熔融塑胶流动进行的，但会影响流动分析和冷却分析的准确性。

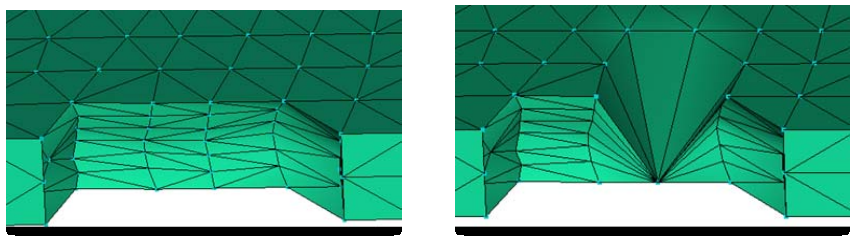


图 5-36　3D 网格正常面与塌陷面的对比

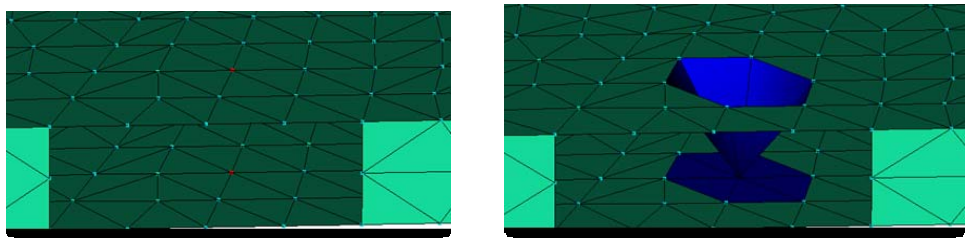


图 5-37　表面网格正常面与塌陷面的对比

诊断方法：勾选“将结果置于诊断层中”选项，选择“折叠面诊断”指令，出现“折叠面诊断”对话框，如图 5-38 所示。为了便于查找和修补，在“选项”栏勾选最佳显示方式，然后单击“显示”按钮。

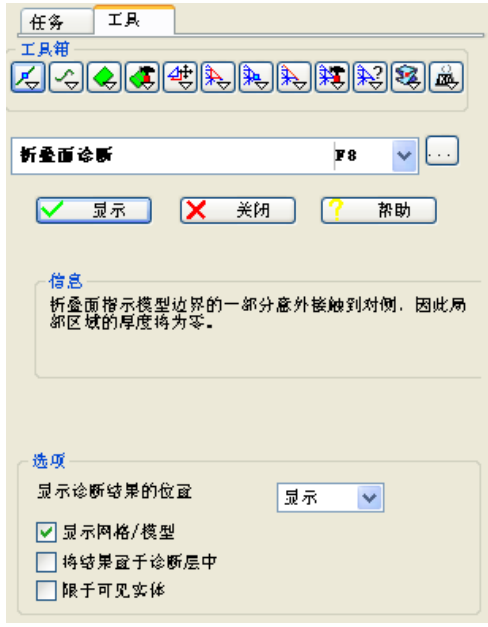


图 5-38　“折叠面诊断”对话框

7．尺寸诊断

尺寸诊断(D)：用于诊断模型的尺寸，仅用于 3D 网格，如图 5-39 所示。

诊断方法：选择“尺寸诊断”指令，出现“尺寸诊断”对话框，如图 5-40 所示。

在“输入参数”栏中的文本框里输入显示尺寸的范围。在“选项”栏勾选最佳显示方式，然后单击“显示”按钮。

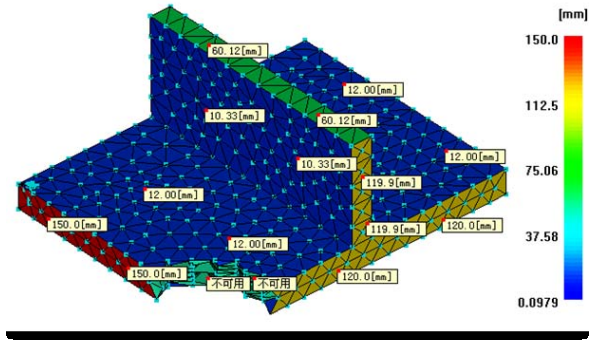


图 5-39　“尺寸诊断”结果显示



图 5-40　“尺寸诊断”对话框

8．出现次数诊断

出现次数诊断(N)：用于诊断模型实体出现的次数。默认的网格实体出现的次数为一次。但在对对称产品和一模多穴产品进行流动分析时，可以将采用同种塑胶充填、流动路径完全相同的模型实体定义为多次出现，从而达到简化模型、节约分析时间的目的。此指令就是用来检查流动路径相同的模型实体出现的次数是否和模具的穴数相符。

诊断方法：直接选择“出现次数诊断”指令，出现“出现次数诊断”对话框，单击“显示”按钮，显示模型被预先设定出现的次数。将这个模型出现的次数设定为 8 次，在诊断结果视图的右侧显示为 8 次，如图 5-41 所示。

【注意】 “出现次数”只能用于单独的流动分析。如果执行冷却、翘曲、应力分析，一定要建出完整模型，不能使用简化模型。

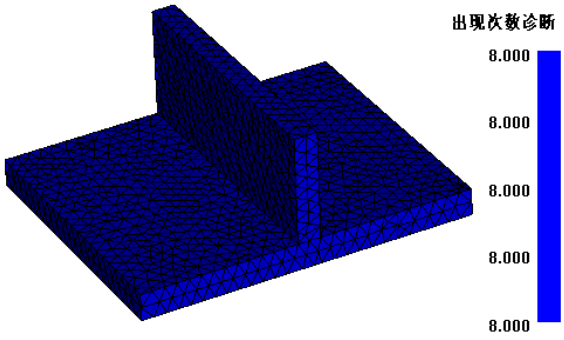


图 5-41 “出现次数诊断”结果显示

9．零面积单元描述及诊断

零面积单元诊断(Z)：用于诊断面积接近于零的三角形。狭长、扁平的三角形和面积太小的三角形都会干扰分析的精度，应作为主要修补对象。

诊断方法：首先设置接受诊断的零面积三角形边长的上限值，边长值小于输入值的三角形都会被诊断出来。

选择“零面积单元诊断”指令，出现“零面积单元诊断”对话框，如图 5-42 所示。



图 5-42 “零面积单元诊断”对话框

“查找以下边长”：在它右侧的文本框中输入边长值，所有边长值小于输入值的三角形都将被诊断出来。系统默认值为 0.001mm。可以根据网格的大小适当调整边长值。

“相等的面积”：不同的三角形边长值对应相应的面积。每次输入三角形的边长值后系统都会自动计算出面积。

为了便于查找和修补，在“选项”栏勾选最佳显示方式，然后单击“显示”按钮。

10．网格匹配率描述及诊断

双层面网格匹配诊断(S)：用于诊断网格的匹配情况，如图 5-43 所示。匹配的网格以蓝色显示，不匹配的网格以红色显示，边界以蓝色显示。图 5-43 显示的 T 字模型，系统将型腔内主要的流动路径定义为需要匹配的面，将处在实体厚度方向上的网格定义为边。准确的定义仅限于简单的产品。复杂的产品，尤其是薄壁产品、圆弧特征比较多时，系统较难以分辨，多以匹配的面定义。建议先查看网格的匹配率。如果匹配率低，查看模型上哪些区域的网格处于不匹配状态，再进行修改。

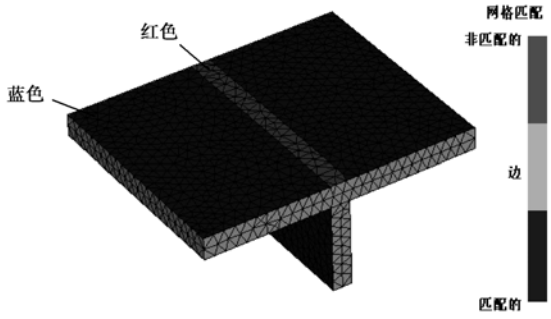


图 5-43　“网格匹配诊断”结果显示

诊断方法：选择“双层面网格匹配诊断”指令，在出现的“双层面网格匹配诊断”对话框中直接单击“显示”按钮。

11．柱体单元长径比描述及诊断

柱体单元长径比诊断(B)：诊断柱体单元的纵横比。柱体单元理想的纵横比为 R=2.5，如图 5-44 所示。R 值过小，系统会在分析时给出警告；R 值过大，系统也会给出警告，还可能影响分析的精度。所以如果允许，尽量按照 R=2.5 划分杆单元网格。由图 5-45 的显示结果可以看出，长流道容易参照标准来划分网格；短流道为了保证节数，有时将 R 值定义得小一些；如果浇口很短，浇口单元的 R 值最小。在建立浇注系统时，建议灵活定义杆单元的纵横比和节数。

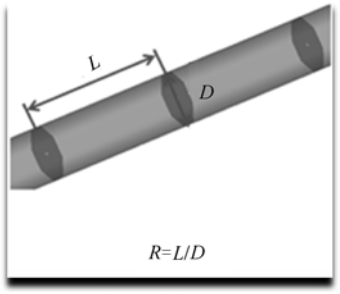


图 5-44　杆单元纵横比

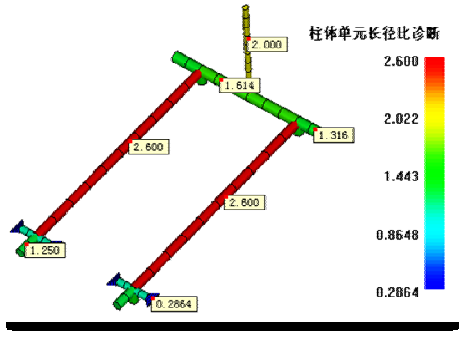


图 5-45　“柱体单元长径比诊断”结果显示

诊断方法：直接选择“柱体单元长径比诊断”指令，在出现的“柱体单元长径比诊断”对话框中直接单击“显示”按钮。如果诊断结果显示有的杆单元纵横比过大或过小，建议利用“重新划分网格”指令修改相对应的杆单元的纵横比。

12．柱体单元数诊断

柱体单元数诊断(T)：用于诊断每一条轴线上杆单元的数目，如图 5-46 所示，自上而下，每一种颜色对应相应的杆单元的个数。

诊断方法：直接选择“柱体单元数诊断”指令，出现“柱体单元数诊断”对话框。设置每条曲线上显示杆单元数目的最少值和最多值，单击“显示”按钮。为了保证分析的精度，建议每一条轴线上的杆单元不少于 3 节。

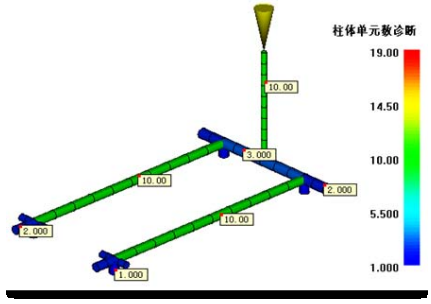


图 5-46　“柱体单元诊断”结果显示

13．有角度单元柱体诊断

有角度的柱体诊断(P)：用于诊断杆单元的重叠、包含单元。杆单元的重叠缺陷是不能通过诊断重叠网格指令诊断出来的。杆单元重叠的地方往往出现过两条重叠的轴线。如果已删除杆单元，但未删除它的轴线，如果有另外一条轴线和它重叠，那么在划分其他网格的同时，很可能将这条未删除的轴线再次划分网格，和其他杆单元形成重叠单元。通常这类重叠的杆单元比较隐秘，不易察觉，只能通过诊断才能直观发现。

诊断方法：直接选择“有角度的柱体诊断”指令，出现“有角度的柱体诊断”对话框。单击“显示”按钮。诊断结果以红色高亮显示。

“将结果置于诊断层中”：建议勾选此项，将诊断结果放入诊断层。查看时关闭“新建柱体”层，这样可以显示出被直径大的杆单元完全包住的直径小的杆单元，如图 5-47 所示。

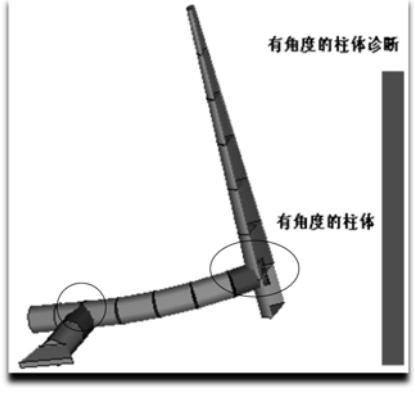


图 5-47　“重叠杆单元诊断”效果显示

【注意】　分流道和主流道以及分流道和分流道相接的地方同样也会以红色高亮显示，这时应分清楚哪些才是覆盖的杆单元。

14．质心太近描述及诊断

质心太近诊断(D)：用于诊断两质心位置太靠近的三角形。在诊断结果中，质心距离小于三角形平均边长值十分之一的三角形以错误显示，质心距离接近三角形平均边长值十分之一的三角形以警告显示，如图 5-48 所示。可以看出，质心距离比较近的三角形多为狭长或面积非常小的三角形，分布于模型小的圆弧过渡处和细微特征处。如果三角形的质心距离太近，会影响翘曲分析的精度，尤其是进行多模穴冷却分析时，尽可能消除这些三角形，否则有时分析会因错误太多而无法进行。对于面积大些的狭长三角形可采用手动修补，对于面积很小的三角形可采用零面积单元诊断(Z)的方法自动修补。

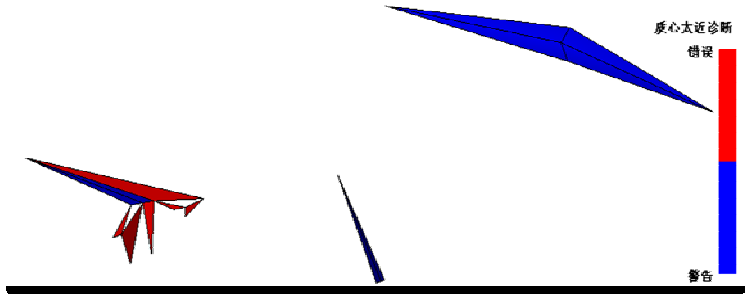


图 5-48　“质心太近诊断”三角形结果显示

诊断方法：直接选择“质心太近诊断”指令，在出现的“质心太近诊断”对话框中直接单击“显示”按钮。

15．冷却回路诊断

冷却回路诊断(U)：用于诊断冷却回路是否设置正确。每一条完整的冷却回路必须拥有一个进水口和一个出水口（进水口和出水口必须正确设置，一段线段上不能同时出现两个或两个以上进水口）。诊断结果中，正确设置的冷却管道以默认的深蓝色显示，非正确设置的冷却管道以红色高亮显示，如图 5-49 所示。图中浅色为红色，余为蓝色。对于未设置进水口的冷却管道，进行冷却分析时是不会起到冷却作用的，在分析的结果里以灰色显示；如果冷却回路全部设置正确，不会在主窗口出现诊断图标。

诊断方法：直接选择“冷却回路诊断”指令，在出现的“冷却液回路诊断”对话框中直接单击“显示”按钮。

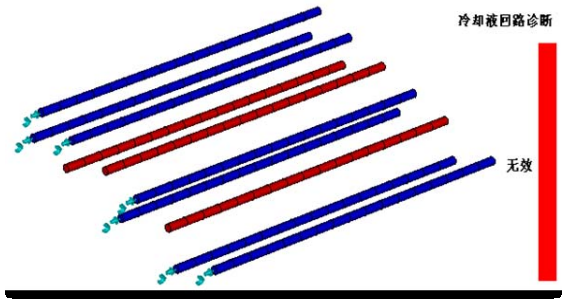


图 5-49　“冷却液回路诊断”结果显示

16．喷水管/隔水板诊断

喷水管/隔水板诊断(L)：用于诊断隔水板或喷水管是否正确设置。诊断结果中，正确的喷泉或挡板以原色显示，错误的喷泉或挡板以红色高亮显示，如图 5-50 所示的隔水板诊断结果。将连接隔水板的冷却管道删去两节，同侧的隔板便以红色显示。

诊断方法：直接选择“喷水管/隔水板诊断”指令，在出现的“喷水管/隔水板诊断”对话框中直接单击“显示”按钮。

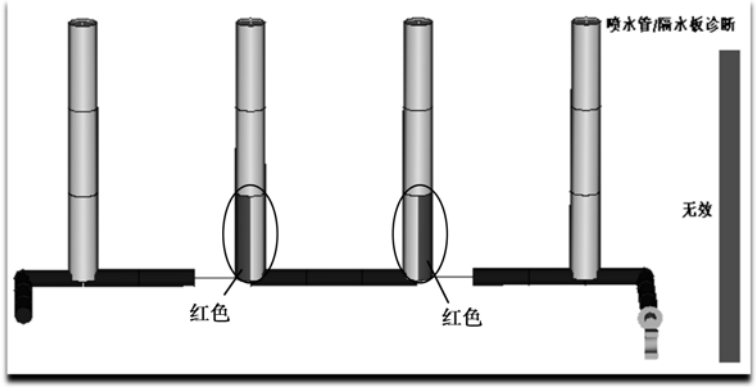


图 5-50　“喷水管/隔水板诊断”结果显示

以上几种均为经常遇到的网格缺陷。每一次诊断出问题网格，就要做出及时的修补。在下一节里，将重点讲述问题网格的修补。

5.7　网格的修补

在网格的修补过程中，一般遵守局域性、对称性和发现性三原则。局域性就是尽量将出现在同一区域的同类问题网格修补完毕，可以省去不少模型移动、旋转的时间。模型是对称部位的网格问题往往是一样的，所以在修补这些区域的网格时宜采用同样的方法进行修补，以提高分析的精度。发现性即在修补的过程中发现一些非问题网格引起的模型局部变形，如网格扭曲、塌陷等，这类网格在不存在问题的情况下可能很难被发现，本着发现即修补的原则，将出现变形的区域还原。

5.7.1　调入网格修补工具栏

Moldflow 6.1 中，网格缺陷诊断指令和修补指令位于同一工具栏上。将光标放于工具栏，单击右键，选择 网格处理 选项，或单击项目管理栏中“工具”按钮，选择网格修补工具，单击可行的修补方式，如图 5-51 所示。

单击对话框右侧下拉按钮，出现全部修补指令，如图 5-52 所示。单击右侧的浏览按钮，出现“选择常用的网格工具”对话框，如图 5-53 所示。在需要显示的网格修补指令前打勾。选中某一指令，不断单击“上移”按钮，可以将最常用的指令向上移；单击“下移”按钮，将不常用的指令向下移。



图 5-51　“网格修补工具”工具栏



图 5-52　网格修补指令

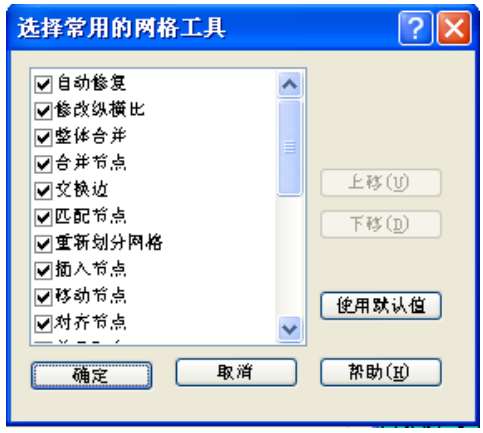


图 5-53　“选择常用的网格工具”对话框

5.7.2　修补问题网格

下面将模型中经常出现的多种网格问题一一列举，并进行修补示范。每显示一种网格缺陷，在主窗口的右侧都会出现对应的诊断图标。当这种问题网格完全修复后多数图标会自动消失。

1．修补零面积单元

1）查找零面积三角形

单击零面积单元诊断，在“查找以下边长值”右侧的文本框中输入边长值，所有边长

值小于输入值的三角形都将被诊断出来，如图 5-54 所示。勾选“将结果置于诊断层中”选项，将诊断结果放入名为“诊断结果”的新层中，方便查找和修补，如图 5-55 所示。

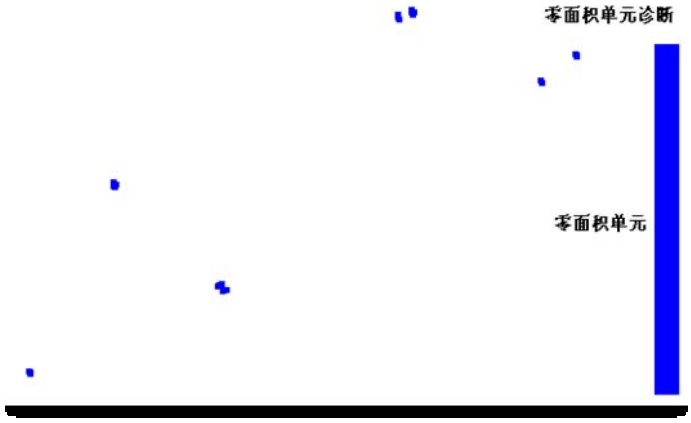


图 5-54　“零面积单元诊断”结果显示

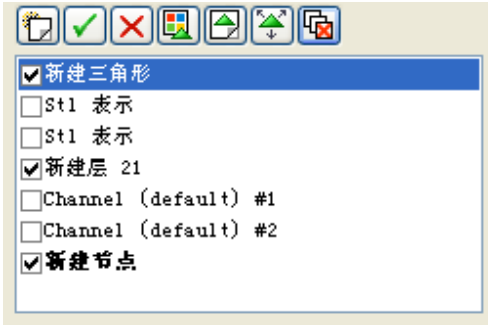


图 5-55　显示“诊断层”

2）修补方法

单击 整体合并，出现“整体合并”对话框。在“合并公差”右侧的文本框中输入适当的值，所有距离小于此值的两节点都将被自动合并。系统默认值为 0.1mm，建议采用默认值。单击“应用”按钮。如果将距离设得太小，自动合并效果并不明显；如果将距离设得太大，可能会合并掉一些没有问题的网格，引起模型细小部位变形。

【注意】　有时“整体合并”并不能完全消除零面积三角形，还需要进行手动修补。

2．修补纵横比过大的网格

1）查找纵横比过大的网格

单击 纵横比诊断。在“最小值”的文本框中输入接受诊断的网格的最小纵横比值，将“最大值”留作空白，这样可以显示所有纵横比大于最小值的网格。默认最小值为 6，可以根据实际情况将显示的最小值改大些。根据个人习惯视情况勾选“将结果置于诊断层中”选项，将诊断结果放入名为“诊断结果”的新层中，方便查找和修补。

纵横比大的网格经过整体合并后，最大的纵横比会相对变小，如图 5-56 所示。

屏幕右侧的图标由上而下显示网格的最大纵横比和最小纵横比。不同颜色和长度的引线代表不同的纵横比，和图标的颜色相对应。点中引线就会选中此纵横比的网格。

2）修补方法

（1）插入节点。根据引线的颜色和长度寻找纵横比大的网格。单击，出现“节点操作”工具栏，如图 5-57 所示。在下拉框中选择“插入节点”指令，出现“插入节点”对话框，如图 5-58 所示。修补纵横比大的网格时经常用到“插入节点”的方法。一般是直接选中问题网格最长边的两个端点，它们的序号会自动出现在“节点 1”和“节点 2”的文本框内。如果是 3D 网格，需要选中三个点和相应的实体网格。

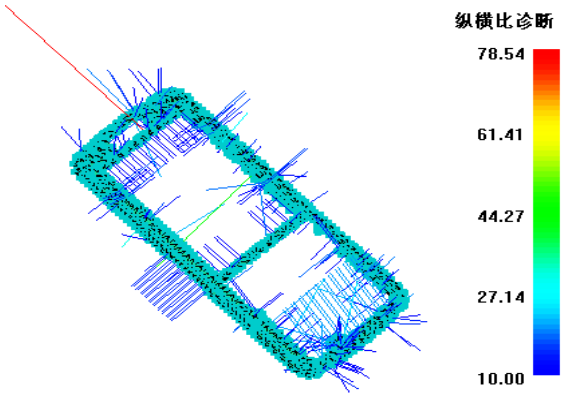


图 5-56　“纵横比诊断”结果显示

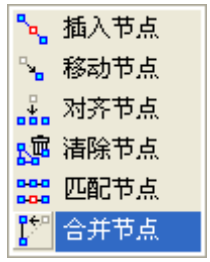


图 5-57　“节点操作”工具栏

选择新创建的节点的位置：

① 三角形边的中点。插入的点为选中两端点的中点，两端点所在的三角形的边的中点。此例我们选择这一项。

② 三角形的中心。插入的点在三角形的中心位置。不是所有的情况都可以将节点插在三角形的中心的。

③ 四面体单元的中心。仅用于 3D 网格。将点插到实体网格的中心。

“过滤器”：在“过滤器”一栏设置优先捕捉的对象。尤其在选点时，如果光标未选中目标节点而在文本框中已出现了节点的序号时，证明误选了节点，应查看“过滤器”中显示的捕捉对象是否为“最近的节点”。“最近的节点”不易捕捉，容易误捕到非目标点，建议将“过滤器”设置为“节点”。单击“应用”按钮，检查插点的效果，如图 5-59 和图 5-60 所示。引线消失，表示修补后网格的纵横比在 10 以下。

【注意】 有时一次插点并不能完全使网格的纵横比减少到最小值以下，可能还需要二次插点，再结合其他的修补方法，才能消除纵横比大的网格。

（2）移动节点。单击，出现“节点操作”工具栏。在下拉框中单击 移动节点，出现“移动节点”对话框，如图 5-61 所示。选中待移动的点，在“偏移”右侧的文本框中输入合理的偏移量。选择坐标系统。偏移效果如图 5-62 所示。引线消失，表示修补后网格的纵横比在 10 以下。

【注意】 偏移量是节点相对于原始位置的空间位移值，分别由绝对坐标和相对坐标控制。建议选择相对坐标。



图 5-58 “插入节点”对话框

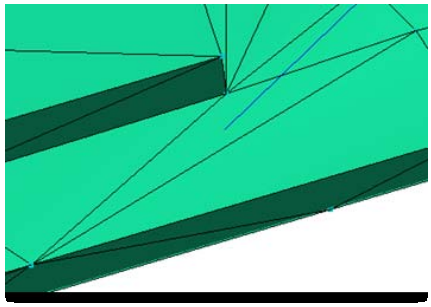


图 5-59 纵横比较大的网格修补前

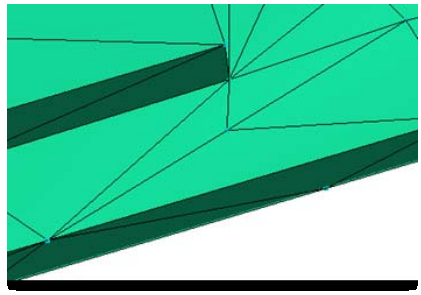


图 5-60 纵横比较大的网格插点后

（3）合并节点。单击，出现“节点操作”工具栏。在下拉框中单击 合并节点，出现“合并节点”对话框，如图 5-63 所示。

“要合并到的节点”：首先选取的点（N1858）为合并参照点。

“要从其合并的节点”：后选取的点（N322）为待合并的点。

下面的两个选项为节点不同的合并方式。单击“应用”按钮。查看合并后的效果，如图 5-64 和图 5-65 所示。

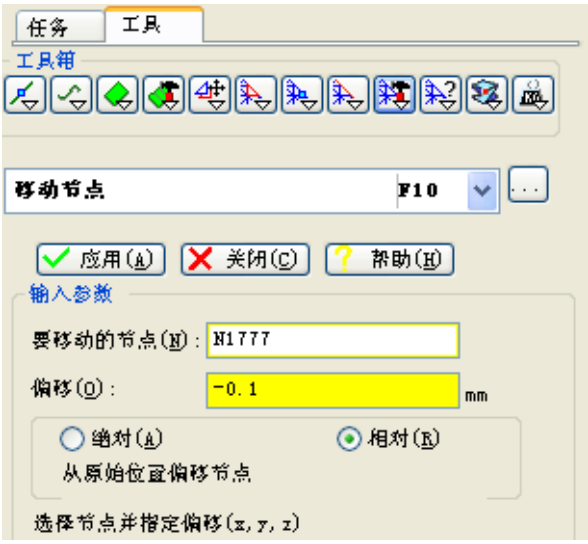


图 5-61　“移动节点”对话框

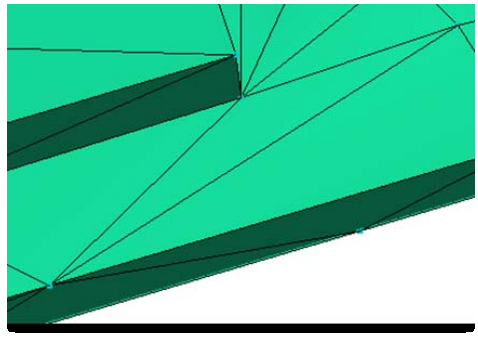


图 5-62　纵横比较大的网格移动节点后

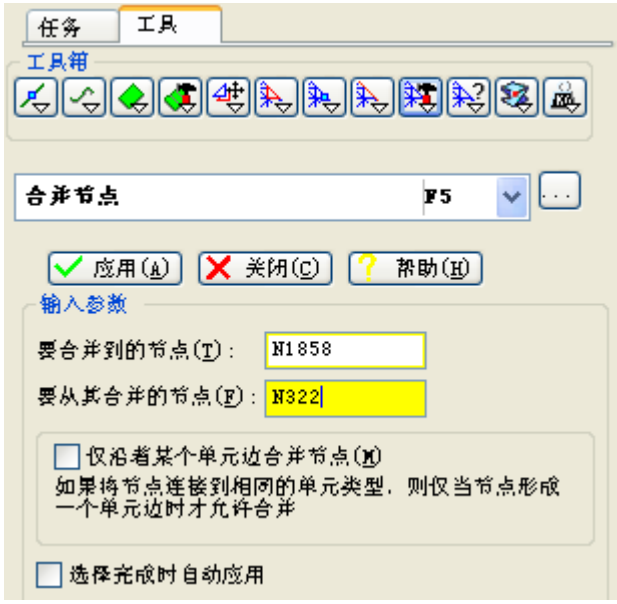


图 5-63　“合并节点”对话框

（4）修改纵横比。单击图 5-52 “网格修补指令”中的“修改纵横比”，出现“修改纵横比”对话框，如图 5-66 所示。

“当前最大纵横比”：显示当前网格的最大纵横比，和图 5-67 对应。

“目标最大纵横比”：在右侧文本框中输入系统自动修改后的目标最大纵横比。系统默认值为 10，可做适当修改。单击“应用”按钮。完成后在“目标最大纵横比”栏里显示当前纵横比最大值。

系统根据输入值自动修改结果，如图 5-68 所示，和图 5-69 对应。当前纵横比最大值已由 64.23 改为 43.35。

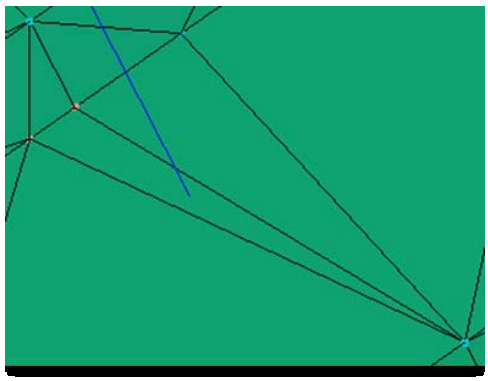


图 5-64　合并节点前

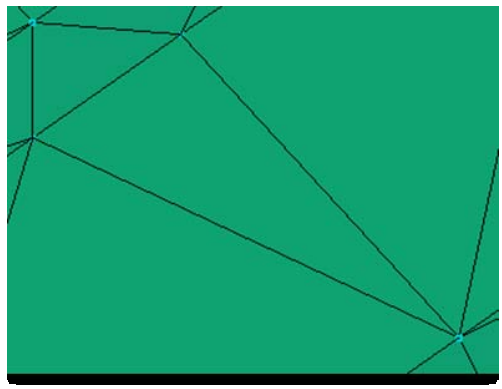


图 5-65　合并节点后



图 5-66　“修改纵横比”对话框初始界面

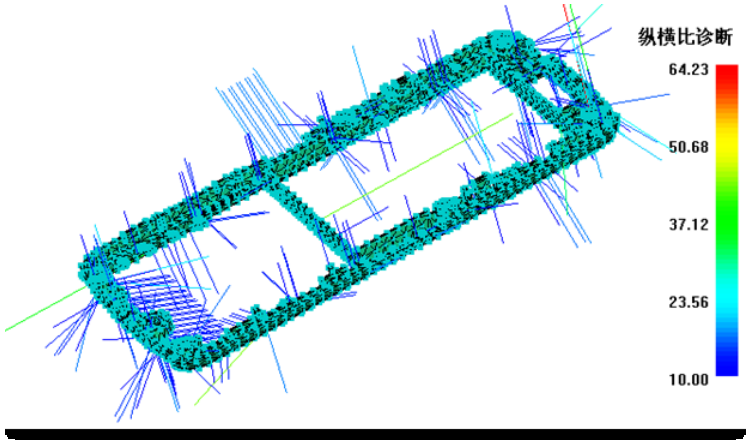


图 5-67　修改前最大纵横比

【注意】　在输入“目标最大纵横比”时应先确定网格最大纵横比和比较大的纵横比的具体值，然后将比较大的纵横比值输入文本框。在这里读者需要了解的是，系统自动修补采用

的也是一般的修补方法，所以并不是每次采用“修改纵横比”指令都能得到和目标值相近的最大纵横比。建议应用此指令修补纵横比大的网格，余下的仍采用手动修补。读者值得注意的是，有时手动修补的精度更高，尤其对于最大纵横比比较小的网格，可以参照周围网格布局进行灵活的修补。

（5）交换边。选择图 5-52“网格修补指令”中的“交换边”，出现“交换边”对话框，如图 5-70 所示。选中需要进行边交换的两个三角形，它们的序号便出现在文本框中。

“允许重新划分特征边的网格”：勾选此项后允许交换特征边，就可以对两个非共面的三角形进行边交换。如果不选中，只能对共面的三角形进行边交换。

“选择完成时自动应用”：勾选此项，在单击第二个三角形后直接进行切换操作，不需要单击“应用”按钮。系统将改变这两个三角形共用边的方向，如图 5-71 和图 5-72 所示。



图 5-68　“修改纵横比”对话框完成界面

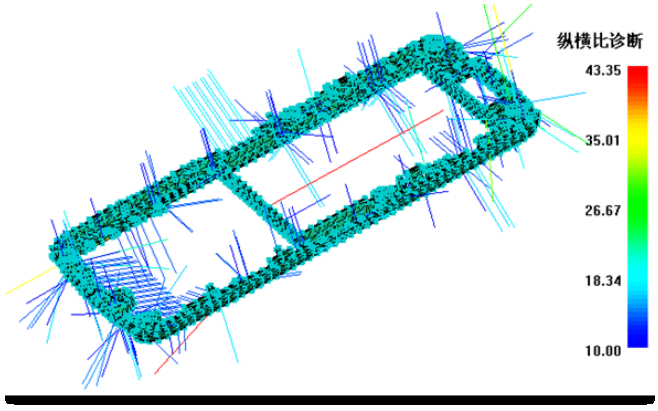


图 5-69　修改后最大纵横比

【注意】　如果勾选“允许重新划分特征边的网格”，换边后应检查两三角形的共用边是否低于所在模型的面。如果是，模型会在分析显示结果上出现明显的表面瑕疵。

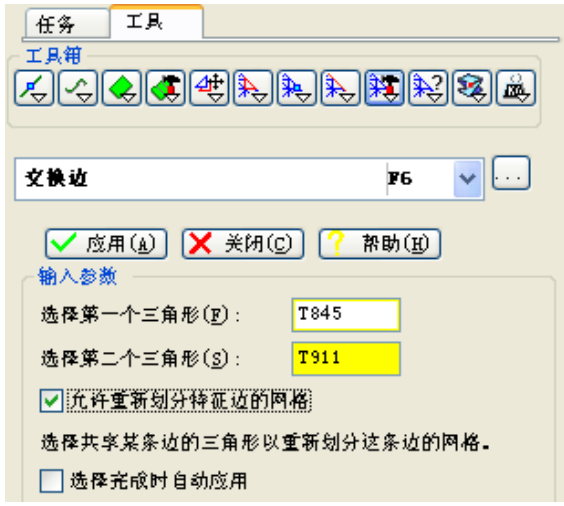


图 5-70 “交换边”对话框

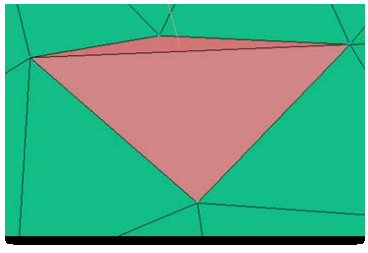


图 5-71 换边前

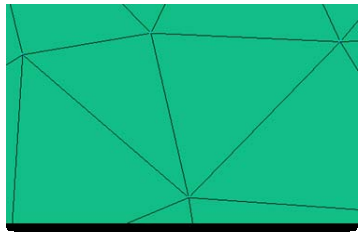


图 5-72 换边后

3．修补塌陷面

有时网格会出现塌陷的情况，和对面的网格纠结到一块儿（图 5-73）或低于所在的模型面（图 5-74）。这两种塌陷都改变了模型此处的厚度，如果不加修改，会影响熔融塑胶的流动行为。

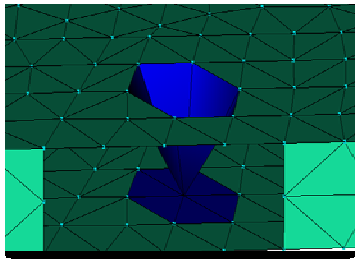


图 5-73 塌陷面示例一



图 5-74 塌陷面示例二

对于图 5-73 的网格塌陷，可以通过 折叠面诊断 指令诊断出零厚度区域，将问题网格放入诊断层中。对于图 5-74 的网格塌陷，如果塌陷网格本身或附近区域的网格没有问题是很难被发现的，所以修补时应检查全局网格，以防遗漏某些缺陷。

1）修补方法 1

（1）删除塌陷的网格，形成漏洞。注意保留对面层的网格。

（2）单击，出现“边操作”工具栏，如图 5-75 所示。在下拉框中单击 填充孔，出现“填充孔”对话框，如图 5-76 所示。使“节点层”处于开启状态。选择漏洞上一点。

（3）单击下面的“搜索”按钮，自动选中漏洞边界上其他的点。漏洞的轮廓成蓝色高亮显示。

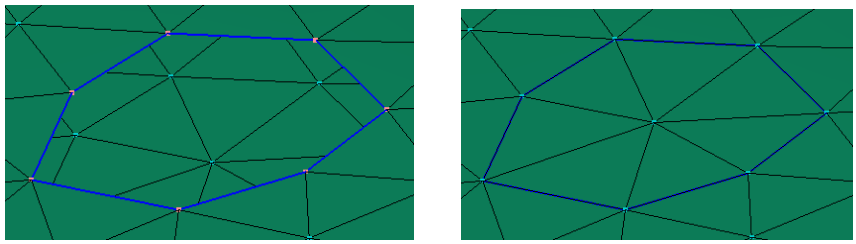
（4）单击“应用”按钮，完成补洞，如图 5-77 所示。



图 5-75　“边操作”工具栏



图 5-76　“填充孔”对话框



（a）修补前　　（b）修补后

图 5-77　漏洞修补

【注意】　“搜索”按钮只能用于搜索边界明确的漏洞的边界点，复杂的轮廓和其他情形需要手动捕捉节点。按照节点的顺序，逐一选取，在已选中的点上会出现蓝色的轮廓线，这个轮廓线就是补洞的范围。当运用 填充孔 指令建立复杂轮廓时，建议参照图 5-78 所示步骤。

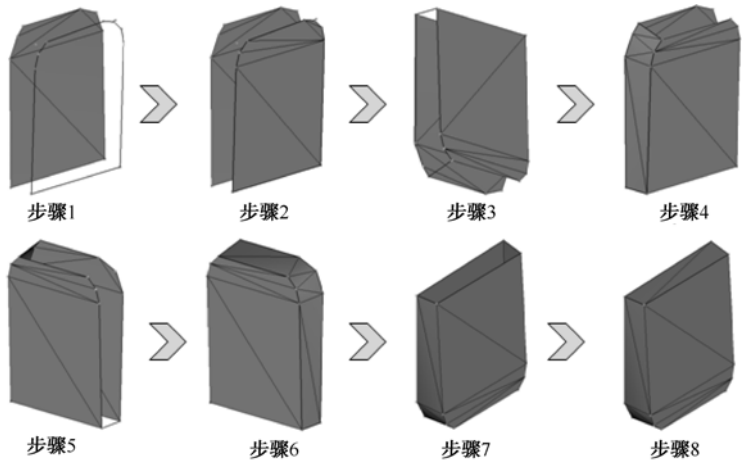


图 5-78　用“填充孔”建立复杂轮廓示例

2）修补方法 2

（1）单击，出现“节点操作”工具栏。在下拉框中单击 对齐节点，出现“对齐节点”对话框，如图 5-79 所示。

（2）先选取两个位置正确的点作为参照，可以是邻近的点，也可以是较远处的点。

（3）再选取需要对齐的点，这些待对齐的点会落在参照点确定的直线上，从而达到对齐的目的。

（4）单击“应用”按钮，完成节点对齐如图 5-80 和图 5-81 所示。



图 5-79 “对齐节点”对话框

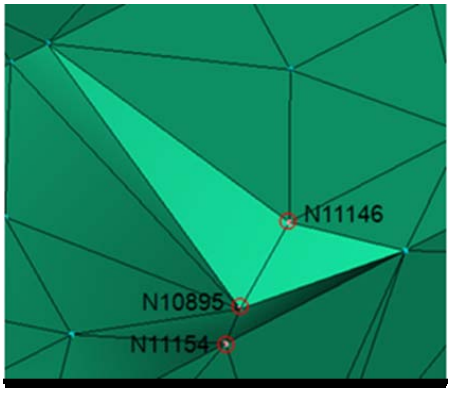


图 5-80 节点对齐前

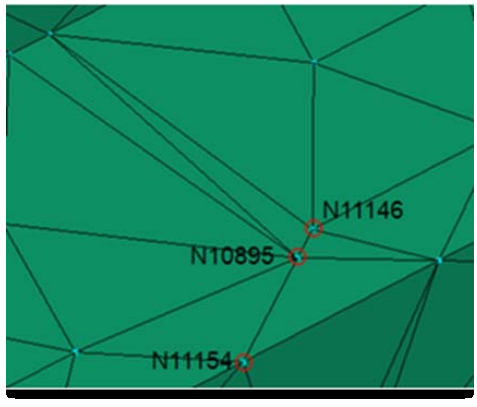


图 5-81 节点对齐后

4．修补自由边

单击 自由边诊断，出现“自由边诊断”对话框，勾选“将结果置于诊断层中”选项，将诊断结果放入诊断层里。

1）修补方法 1

（1）如果自由边是图 5-82 所示的情况，先选中它。

（2）按“Delete”键，或运用“删除实体”指令直接将自由边网格删除。

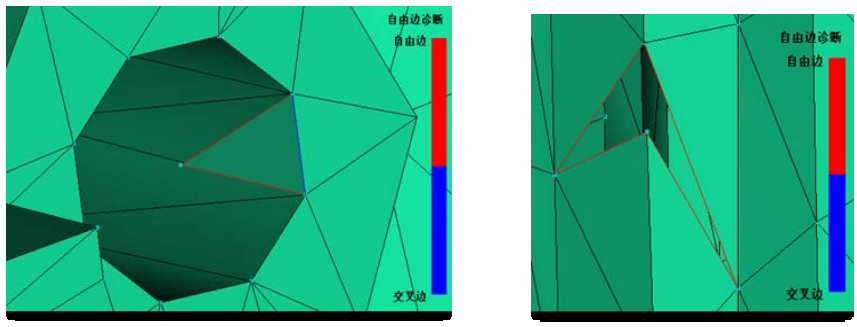


图 5-82　自由边示例

2）修补方法 2

（1）如果自由边是由于网格的缺损，就应该采取“填补孔”或“创建三角形单元”的方法进行修补。现在我们利用新建三角形的方法将这两个缺少的三角形补上。单击，出现“网格创建”栏，如图 5-83 所示。在其下拉框中单击 创建三角形单元，出现“创建三角形”对话框，如图 5-84 所示。

（2）遵循逆时针原则，依次选取三个节点。分两次建立三角形。

（3）单击“应用”按钮。

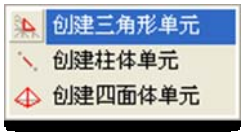


图 5-83　“网格创建”栏

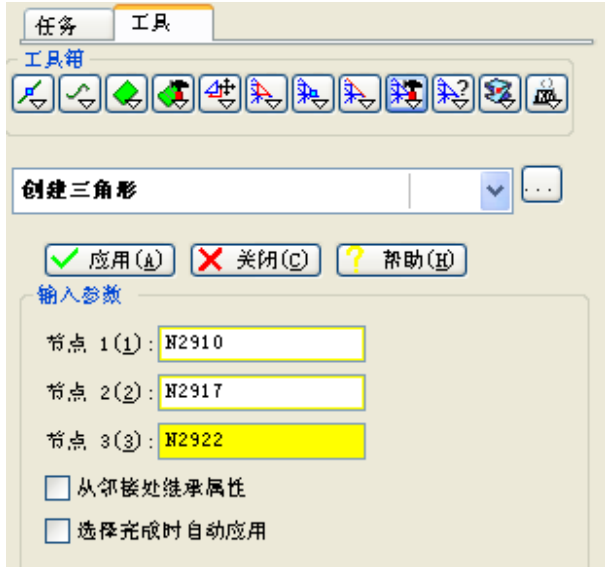


图 5-84　“创建三角形”对话框

3）修补方法 3

（1）单击，在其下拉框中选择 缝合边 指令，弹出“缝合自由边“对话框，如图 5-85 所示。



图 5-85　“缝合自由边”对话框

（2）选择自由边的端点。

（3）设定缝合公差。缝合公差就是被合并的两个节点间的距离。系统默认的缝合公差为0.1mm，可以在“指定”文本框中手动设置缝合公差。如出现无法缝合的现象，建议适当改大指定值。

5．修补重叠单元

单击 重叠单元诊断(V)，出现“重叠单元诊断”对话框，勾选“将结果置于诊断层”选项，将诊断结果放入诊断层里。

1）修补方法 1

选择图 5-86“网格修补指令”中的“自动修复”指令，系统可自动修补交叉单元和覆盖单元，还可以优化网格的纵横比。简单的重叠单元可以一次性修复完毕。为了提高修补质量，可进行二次重复操作，同时也有益于自动修补复杂的重叠单元。“自动修复”有时并不能完全消除重叠单元，建议检查自动修补的效果，对余下的重叠单元需要手动修补。

【注意】　“自动修复”指令仅用于表面网格，用于中面网格时可能达不到良好的效果，不支持 3D 网格。

2）修补方法 2

（1）单击 对齐节点，出现“对齐节点”对话框，如图 5-87 所示。

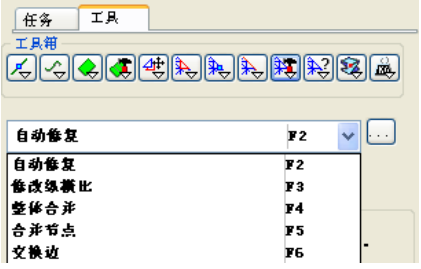


图 5-86　网格修补指令



图 5-87　“对齐节点”对话框

（2）先在正面确定两个位置正确的参照点 N6125 和 N1090，用（中心按钮）单击附近一点作为旋转中心，旋转模型，查看重叠网格的正反面，如图 5-88 和图 5-89 所示，寻找交错到对面的节点 N40。单击 N40。

（3）单击“应用”按钮。N40 被对齐到参照点 N6125 和 N1090 确定的直线上，消除了重叠现象。

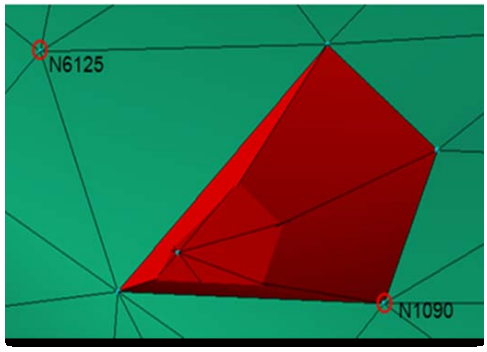


图 5-88　重叠网格正面

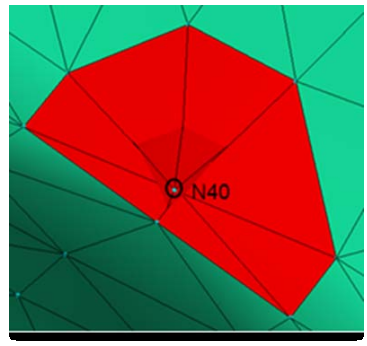


图 5-89　重叠网格反面

3）修补方法 3

（1）删除塌陷的三角形。

（2）通过 创建三角形单元 或 填充孔 指令修补漏洞。

建议：以上三种修复重叠网格的方法分别适用于不同的情况，建议读者根据实际遇到的问题灵活采用某一方法或采用组合的方法。

6．修补未定向单元

修改那些未按照逆时针方向建立的三角形。

1）修补方法 1

单击 全部取向，系统会自动修补定向错误单元。修补“定向错误单元”不需要其他中间操作，只需重新定义方向即可。

2）修补方法 2

单击 配向诊断，显示定向错误单元。

单击 单元取向，逐一选取定向错误单元，重新定向。

建议：由于在诊断时不能放入诊断层，导致零星的未定向单元很难被发现，建议采用第一种方法。未定向单元完全消除后，主窗口右侧的图标不会消失，所以不能凭此确定是否所有的网格已处于正确定向状态。选择“配向自动”指令，将诊断结果显示为“文本”式，通过图 5-90 的方式查看结果。

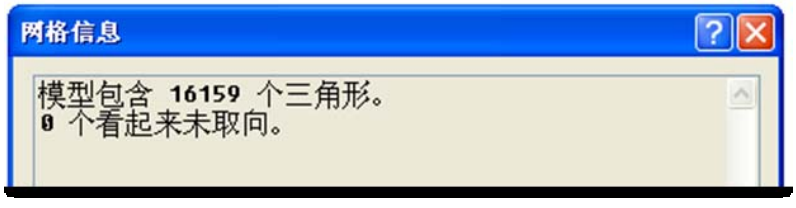


图 5-90　“文本显示”网格定向情况

7．平滑节点

对于一些重要的区域，网格大小的均衡性很重要，如进浇处。当确定了进浇位置后，检查进浇点周围网格的大小，最好使它们的边长值趋于一致，有利于保证分析的精度。

（1）选择“平滑节点”指令，出现“平滑节点”对话框。

（2）如果需要，括选进浇点附近和它对面的节点，同时进行平滑修补，以保证匹配性。

（3）单击“应用”按钮。节点平滑前后对比如图 5-91 和图 5-92 所示。

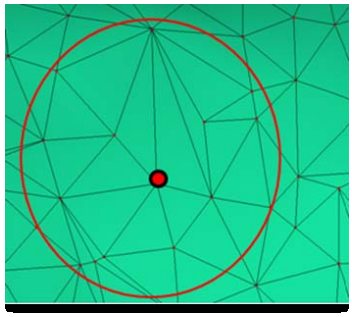


图 5-91　平滑节点前

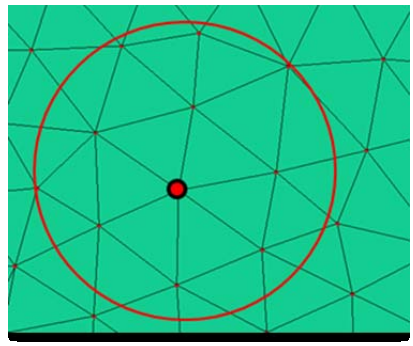


图 5-92　平滑节点后

8．匹配节点

当上下面的网格不匹配时，可以采用匹配节点进行优化，尤其在手动建立大面积的网格后。对于已经匹配的网格，运用此法不会产生效果。

（1）单击 双层面网格匹配诊断，显示网格的匹配情况。

（2）在菜单栏单击网格(M)中的网格工具(E)，在其下拉菜单中选择节点工具(N)，在出现的“节点操作”指令中单击 匹配节点。

（3）在菜单栏中单击编辑(E)中的局部选择(B)，在其下拉菜单中选择 框住(F)。这样可以保证在选取点或者单元时只可以选中模型一侧的，不会误选对面层上的点或单元。

（4）括选那些不匹配单元上的节点，这些节点被列于“要投影的节点”文本框中。

【注意】　不能使所有的节点位于一条线上，那样构不成三角形。

（5）旋转模型，选取节点对面的三角形，被选中的三角形列于“要投影的三角形”文本框中。

（6）单击“应用”按钮。在修复区域诊断形成匹配网格。

9．清除节点

在进行分析前，必须清楚那些没用的、未和单元相连的点和重叠的点。单击 清除节点，在出现的对话框中直接单击“应用”按钮即可。

10．网格厚度修复

单击 厚度诊断，显示网格厚度。单击“查询结果”按钮，查看不同区域网格的厚度。不同厚度的网格以不同的颜色表示，和窗口右侧的图标相对应。当有网格与它们邻近的网格颜色差异较大时，它们的厚度差异也比较大。为了确定是否有厚度上的误差，旋转模型，查看模型上对面的特征，再确定是否需要修复。网格的厚度会影响流动分析和冷却分析的精度，降低冷凝层因子和冷却时间等结果的准确性，所以在修复网格的厚度时一定要慎重。修补过程如下：

（1）通过查看周围网格的厚度和对面特征上网格的厚度，确定厚度有误的网格的实际厚度。

（2）选中厚度有误的网格。

（3）单击鼠标右键，在指令框的下面选择“属性”指令，如图 5-93 所示。

（4）在出现的“选择属性”对话框中用鼠标选中框中所列的网格单元，如图 5-94 所示。

（5）单击“确定”按钮，出现“制品表面（双层面）”对话框，如图 5-95 所示。在“厚度”一栏中将默认的“自动确定”改为“指定”，并在后面的“厚度”文本框中输入正确的厚度。

（6）单击“确定”按钮。更改前后的网格厚度如图 5-96 和图 5-97 所示。

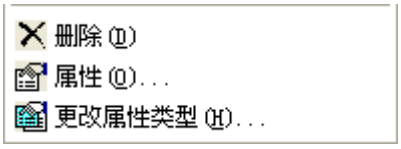


图 5-93　选择“属性”指令



图 5-94　“选择属性”对话框



图 5-95　“制品表面（双层面）”对话框

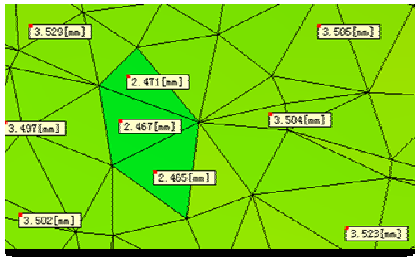


图 5-96　网格厚度修复前

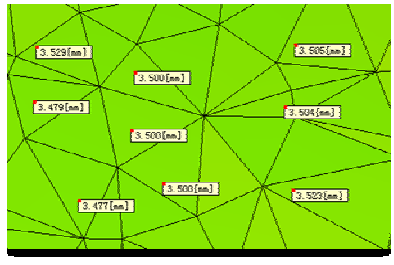


图 5-97　网格厚度修复后

11．统计网格信息

为了保证分析的精度，必须得到质量上乘的网格。因此对网格中出现的缺陷必须认真修补。有些复杂模型的网格问题特别多，但只要灵活运用网格指令，细心修补，网格问题还是可以消除的。在逐项消除问题网格后，应查看网格统计信息，如图 5-98 所示。

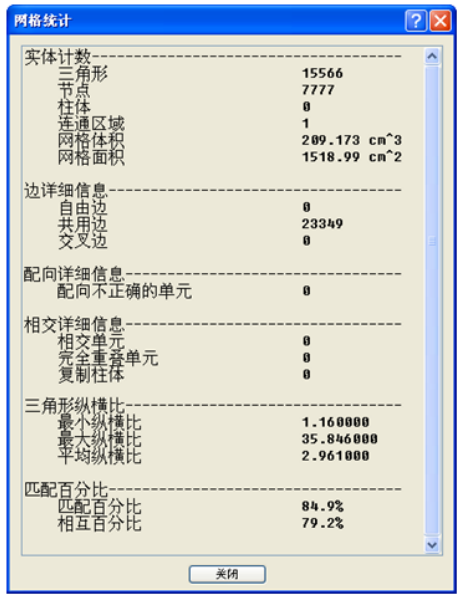


图 5-98 “网格统计”对话框

1）实体计数

实体计数指每一项案例涉及的实体单元的个数。

（1）三角形：三角形的个数和案例浏览区中的数目一样。

（2）节点：节点的个数。节点起到连通的作用。

（3）柱体：柱体单元的个数，包括浇注系统、冷却系统等的形态。在未建立之前显示的个数为 0。

（4）连通区域：靠节点实现连通的、能够独立存在的连通体，例如模型和浇注系统组成的连通体、每一条独立的水路等。在导入模型只有一个的情况下，未建水路时连通区域的个数为 1。

（5）网格体积：网格的体积由系统自动计算得出，不需手动修改。

（6）网格面积：网格的面积由系统自动计算得出，不需手动修改。

2）边详细信息

边详细信息指三角形边的信息。

（1）自由边：个数必须为 0。如果数目不为 0，运用网格修补工具加以修补。

（2）共用边：为两个相邻三角形共用的正常边的个数。

（3）交叉边：个数必须为 0。如果数目不为 0，运用网格修补工具加以修补。

3）配向详细信息

配向不正确的单元：个数必须为 0。如果数目不为 0，运用网格修补工具加以修补。

（4）相交详细信息

相交详细信息指对相交单元的信息显示。

（1）相交单元：个数必须为 0。如果数目不为 0，运用网格修补工具加以修补。

（2）完全重叠单元：个数必须为 0。如果数目不为 0，运用网格修补工具加以修补。

（3）复制柱体：重叠的柱体单元。个数必须为 0。如果数目不为 0，运用网格修补工具加以修补。

4）三角形纵横比

该项显示三角形纵横比的信息。

（1）最小纵横比：显示当前最小纵横比。

（2）最大纵横比：显示当前最大纵横比。和纵横比诊断结果相对应。建议最大纵横比不超过 15。

（3）平均纵横比：不应大于 6。

5）匹配百分比

该项显示网格的匹配情况。

（1）匹配百分比：显示网格的匹配率。一般认为网格的匹配率达到 85%时，网格的质量就可以满足流动和翘曲的分析。冷却分析对网格的质量要求更高。

（2）相互百分比：同样反映网格质量的高低。

建议：在修补网格的过程中应不时查看网格的匹配率，不适当的修补方法会降低网格的匹配率。

本章小结

本章主要讲述了三种网格类型，并对在网格划分和修补两方面具有代表性的表面网格进行了重点讲解。将表面网格中可能出现的问题网格通过诊断一一列举出来，并通过不同的方式进行修补示范，给读者提供了多种修补问题网格的途径。

思考与练习

5-1　Moldflow 中一共有几种网格类型？适用的对象有什么不同？

5-2　经常出现的表面网格缺陷问题有哪些？

5-3　哪些方法可以用来修补纵横比过大的网格？

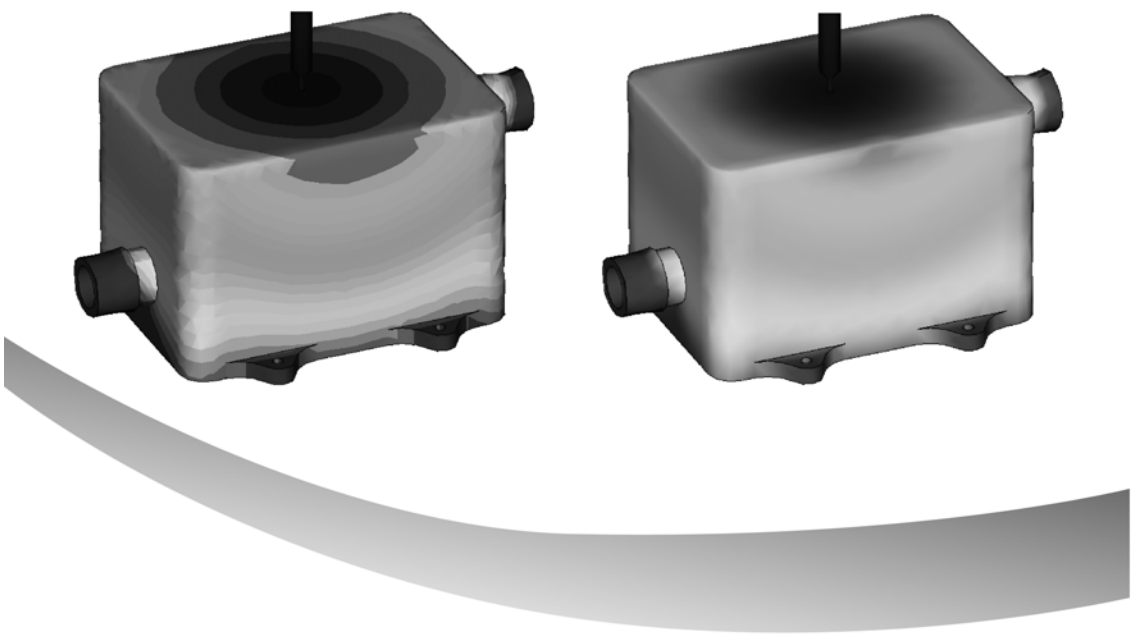
5-4　为什么要消除自由边？

第三篇

初级实例篇

◆ 第 6 章　建模范例

3



第 6 章　建 模 范 例

Moldflow 软件拥有强大的建模功能，浇口、流道、冷却管道、气道、入子、镶件等均可在 Moldflow 中运用简洁的操作来完成建模。在 Moldflow 中建模的优点如下：

（1）建模指令针对性强，利用率高。

（2）操作步骤简洁、明了，多数情况不用另建参照，一样取得理想的建模效果。

（3）易于对实体进行二次编辑。

（4）灵活运用多项指令，实现复杂模型的快速建立。

6.1　调入建模工具条

（1）单击菜单栏上“建模”，在其下拉菜单中选择相应的指令。

（2）将光标放在工具栏上，单击右键，选择“建模”，在主窗口出现“建模”工具条。将它拖至工具栏。

（3）在项目栏左上角单击“工具”按钮，出现创建不同属性的指令按钮，和菜单栏中“建模”指令相对应。

6.2　创建节点

多用于创建浇注系统和冷却系统杆单元中心轴线的端点或区域。在案例浏览区单击“工具”按钮，然后单击“创建节点”图标，出现五种创建节点的方式。下面将详细讲述创建过程。

1）坐标创建节点：通过输入绝对坐标创建节点

（1）单击模型上任意位置，它的绝对空间坐标值便显示在“坐标”文本框中，或在文本框中输入绝对空间坐标值，如图 6-1 所示。

（2）单击“应用”按钮。

【注意】　为了快速、准确地选取实体，建议在“过滤器”中设置优先捕捉对象，如图 6-2 所示。



图 6-1　“坐标创建节点”对话框

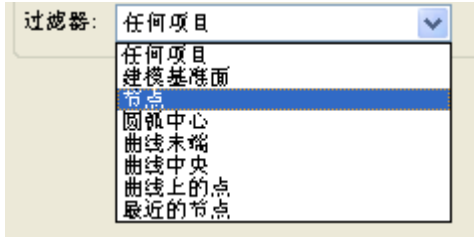


图 6-2　设置“过滤器”

2）坐标中间创建节点：创建中间点

（1）选取两个已存在的节点，它们的绝对空间坐标值将出现在文本框里，如图 6-3 所示。



图 6-3　“坐标中间创建节点”对话框

（2）在“节点数”文本框中输入创建中间节点的数量，它们将两端点平均间隔开来。

（3）单击“应用”按钮，中间节点创建前后如图 6-4 和图 6-5 所示。

图 6-4　创建中间节点前

图 6-5　创建中间节点后

3）平分曲线创建节点：用节点平分曲线

（1）选中需要被平分的曲线，它的序号将出现在文本框里，如图 6-6 所示。

在“节点数”文本框中输入插在曲线上的点。可以选择性勾选“在曲线末端创建节点”选项，将曲线的两个端点也包含在“节点数”中。



图 6-6　“平分曲线创建节点”对话框

（2）单击“应用”按钮，曲线平分前后如图 6-7 和图 6-8 所示。



图 6-7　曲线平分前



图 6-8　曲线平分后

3）偏移创建节点：利用已存在的点通过偏移创建新节点

（1）选中基准点，它的绝对空间坐标值将出现在文本框里，如图 6-9 所示。

（2）在“偏移”文本框中输入偏移量，注意偏移量是空间相对值，也就是在三个坐标轴上的偏移量。

（3）在“节点数”文本框中输入偏移的节点个数，节点间的距离均为偏移量。

（4）单击“应用”按钮，按钮节点偏移前后如图 6-10 和图 6-11 所示。



图 6-9　“偏移创建节点”对话框

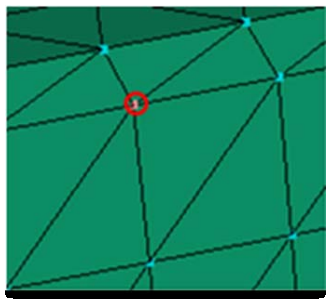


图 6-10　偏移节点前

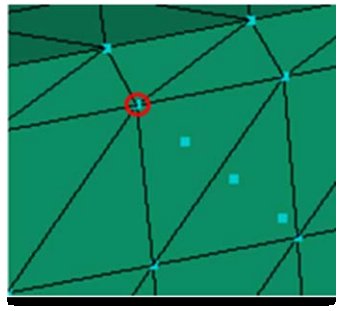


图 6-11　偏移节点后

4）交点：在两曲线的交点处创建节点。

（1）选择第一条曲线，它的序号将出现在“第一曲线”文本框中，如图 6-12 所示。

（2）选择和上一条曲线相交的第二条曲线，它的序号将出现在“第二曲线”文本框中，它们的交点坐标会出现在“交叉点”文本框中。

（3）单击“应用”按钮，交点创建前后如图 6-13 和图 6-14 所示。

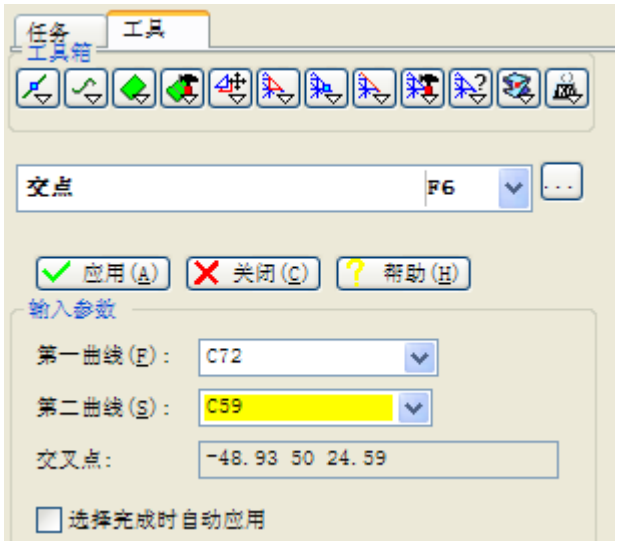


图 6-12　创建“交点”对话框



图 6-13　创建交点前



图 6-14　创建交点后

6.3　创建曲线

多用于创建浇注系统和冷却系统杆单元的中心轴线或区域。在案例浏览区单击“工具”按钮，然后单击“创建曲线”图标，出现六种创建曲线的方式。下面我们将详细讲述创建过程。

1）**创建直线**：两点创建直线

（1）选择起始点，它的绝对空间坐标值将出现在“第一”文本栏中，如图 6-15 所示。

（2）选择终止点，它的绝对空间坐标值将出现在“第二”文本栏中，或者手动输入终止点的坐标。

“绝对”：按照绝对坐标定义终止点相对于起始点的输入坐标值。

“相对”：按照相对坐标定义终止点相对于起始点的输入坐标值。

“自动在曲线末端创建节点”：创建曲线时在曲线的末端自动产生端点。建议在用已存在节点创建曲线时关掉此选项，可以防止产生重叠的节点。重叠的节点可能会造成杆单元的不连通。

“创建为”：赋予直线属性。单击浏览按钮，可对即将创建的直线定义为不同的属性，如图 6-16 所示。

（3）单击“应用”按钮，节点创建直线，如图 6-17 和图 6-18 所示。

【注意】 如果创建的直线是作为杆单元的轴线，轴线是有方向性的，在选择两点时应注意选择的前后顺序。

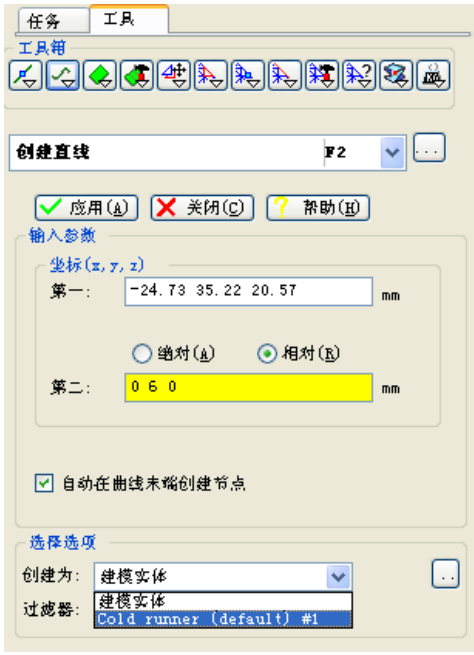


图 6-15 “创建直线”对话框



图 6-16 “指定属性”对话框

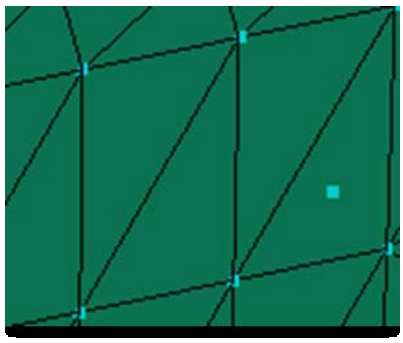


图 6-17 空间两节点

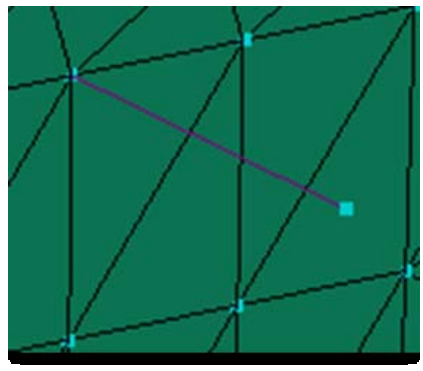


图 6-18 两点创建直线

2） 点创建圆弧：三点创建圆弧

（1）选择圆弧起始点，它的绝对坐标值将出现在“第一”文本栏中，如图 6-19 所示。

（2）选择圆弧第二点，它的绝对坐标值将出现在“第二”文本栏中。

（3）选择圆弧终止点，它的绝对坐标值将出现在“第三”文本栏中。

（4）选择曲线的类型，决定最终是形成“圆弧”还是“圆形”。

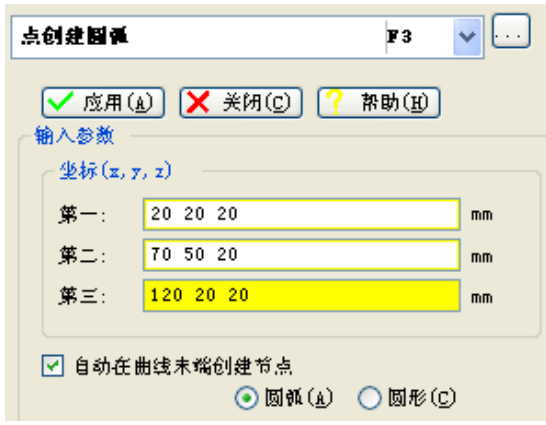


图 6-19　“点创建圆弧”对话框

单击“应用”按钮。如图 6-20 和图 6-21 所示，起始点不同时，同样的三个节点会形成不同的圆弧。以最高点为起始点按顺时针形成的圆弧如图 6-20 所示；以最左边点为起始点按顺时针形成的圆弧如图 6-21 所示。

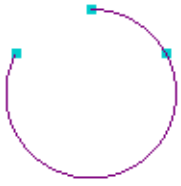


图 6-20　圆弧之一



图 6-21　圆弧之二

3）角度创建圆弧：利用圆心、半径、圆弧角度创建圆弧

（1）单击圆弧中心点，它的绝对坐标值出现在文本框里，如图 6-22 所示。

（2）输入圆弧半径值。

（3）输入圆弧“开始角度”。系统默认为 *x* 轴正向为零度，逆时针方向计算正角度值。

（4）输入圆弧“结束角度”。结束角度减去开始角度就是圆弧的角度。圆弧角度为 360° 时就会形成圆，如图 6-23 所示。

（5）单击“应用”按钮。

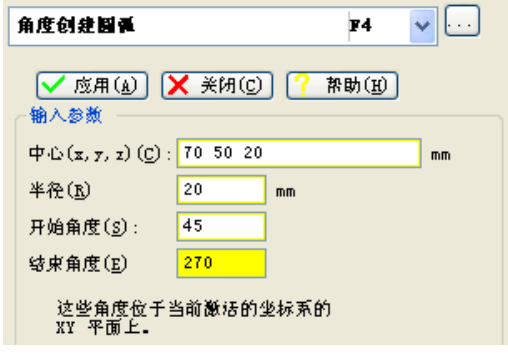


图 6-22　“角度创建圆弧”对话框

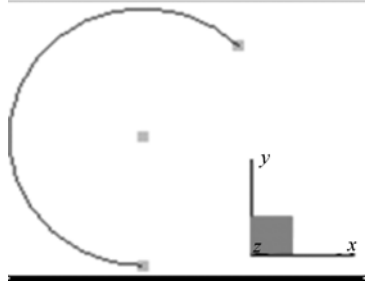


图 6-23　角度创建圆弧

4）样条曲线：利用已存在的点创建样条线

（1）选择样条曲线的起始点，它的绝对坐标值最先出现在文本框。

（2）依次点取其他的节点。被选中的节点，它们的序号和坐标将自动显示在下面的大文本框里，如图 6-24 所示。



图 6-24　创建“样条曲线”对话框

（3）通过“添加”按钮和“删除”按钮添加或删除节点。

（4）单击“应用”按钮，节点创建为样条，曲线如图 6-25 和图 6-26 所示。



图 6-25　创建样条线的节点

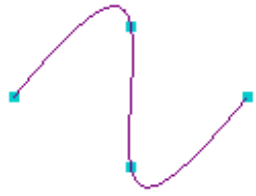


图 6-26　样条线

5）连接曲线：用类似倒圆角的手法，将两条曲线连接起来

（1）选择第一条曲线，它的序号出现在文本框里，如图 6-27 所示。注意：同时选中需要产生连接一端的端点作为新曲线的起点，如图 6-28 所示。

（2）选择第二条曲线，它的序号出现在文本框里。注意同时选中需要产生连接一端的端点作为新曲线的终点，如图 6-28 所示。

（3）在“Fillet 因子”文本框中输入因子值。因子值是决定新产生的曲线的形态的。当因子值为 0 时，连接两曲线的新曲线为直线；当两条曲线为平行曲线，因子值为 1 时会产生以它们的垂直距离为直径的半圆形圆弧。因子值越大，新曲线就会向外延伸得越远。此指令常用于创建连接运水管道的软管。

（4）单击“应用”按钮，“连接曲线”过程如图 6-28～图 6-30 所示。

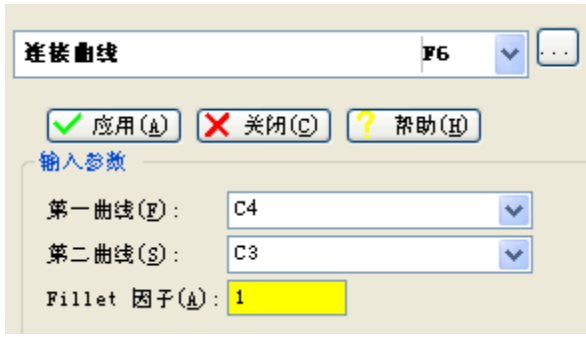


图 6-27　创建“连接曲线”对话框



图 6-28　需要被连接的曲线

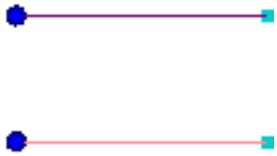


图 6-29　确定新曲线的起点和终点



图 6-30　连接曲线的新曲线

6）断开曲线:将两条相交的曲线在交点处打断

（1）选择第一条曲线，它的序号出现在文本框里，如图 6-31 所示。

（2）选择和第一条曲线相交的第二条曲线，它的序号出现在文本框里。

（3）单击“应用”按钮，两相交曲线从交点处断开。这时单击一段曲线，另一端不再同时被选中，还可以独立移动任意一条曲线，如图 6-32 和图 6-33 所示。

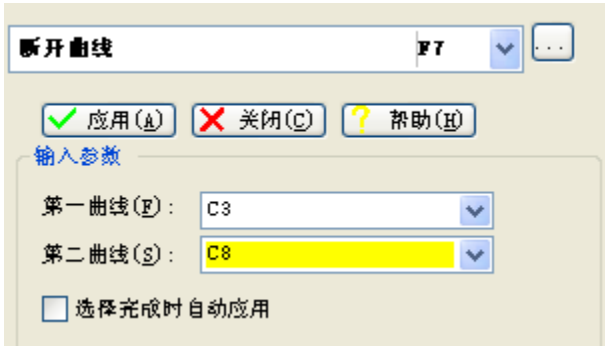


图 6-31　“断开曲线”对话框

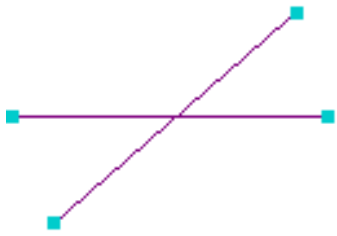


图 6-32　两相交曲线

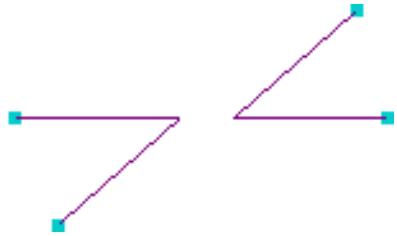


图 6-33　两相交曲线断开后

6.4 创建曲面

多用于创建特征的边界，如尺寸比较大的浇口等高级建模中。在项目栏单击“工具”按钮，然后单击“创建曲线”图标，出现六种创建曲面的方式。下面将详细讲述创建过程。

6.4.1 边界创建区域

边界创建区域：用已存在的曲线创建区域面的形状，如图 6-34 所示。

（1）选中封闭的曲线环，它们的序号出现在右侧的文本框里。

（2）单击“应用”按钮，“边界创建区域”过程如图 6-35 和图 6-36 所示。图 6-37 为在此区域上划分的网格。



图 6-34 “边界创建区域”对话框

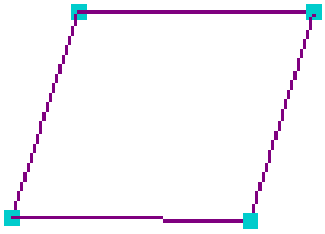


图 6-35 创建区域的曲线

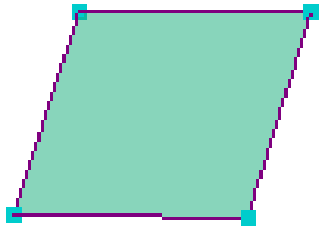


图 6-36 曲线创建的边界

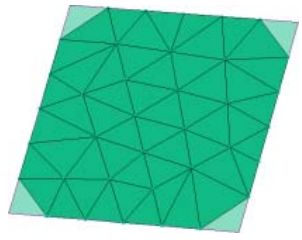


图 6-37 边界上划分的网格

6.4.2 节点创建区域

节点创建区域：用已存在的节点创建区域面的形状，如图 6-38 所示。

（1）按住“Ctrl”键依次选取节点。在选点的过程中会出现连接节点的轮廓线，如果轮廓线和待建区域的形状不符，应重新选取节点，如图 6-39 所示。

（2）单击“应用”按钮，“节点创建区域”过程如图 6-39 和图 6-40 所示。



图 6-38　“节点创建区域”对话框



图 6-39　创建区域节点

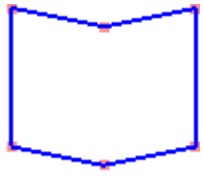


图 6-40　选点时的轮廓线



图 6-41　节点创建的区域

6.4.3　拉伸创建曲面

拉伸创建区域：以一条曲线为边界，向空间拉伸曲面,如图 6-42 所示。

（1）选择曲线作为区域的边，如图 6-43 所示。

（2）在“拉伸矢量”文本框里输入相对拉伸坐标值。

（3）单击“应用”按钮。由图 6-44 可以看出，拉伸曲面的另一圆弧边界相当于是将原曲线上的所有点按照“拉伸矢量”复制平移而成，所以如果输入的“拉伸矢量”不能实现这个动作，是无法创建出区域的。

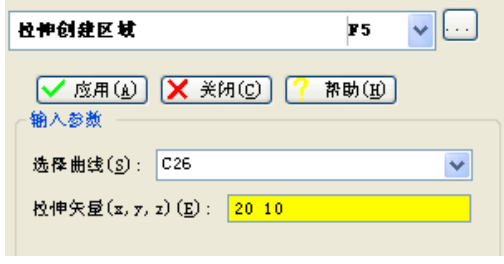


图 6-42　“拉伸创建区域”对话框



图 6-43　拉伸区域的基准曲线



图 6-44　拉伸创建的区域

6.4.4 直线创建区域

直线创建区域：利用两条曲线作为边界创建区域。

（1）选择第一条曲线，它的序号出现在文本框里，如图 6-45 所示。

（2）选择第二条曲线，它的序号出现在文本框里。

（3）单击“应用”按钮，“直线创建区域”过程如图 6-46 和图 6-47 所示，两条曲线和它们的端点所在的线段形成区域的边界。

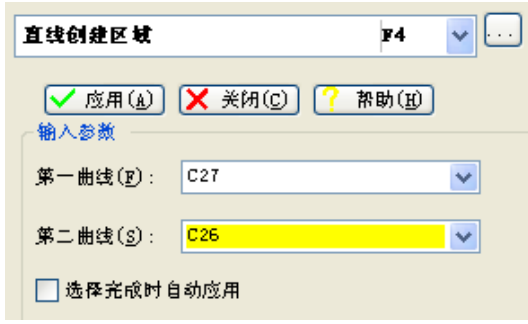


图 6-45 “直线创建区域”对话框



图 6-46 创建区域的两条曲线

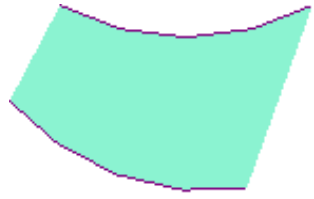


图 6-47 两条曲线创建的区域

6.4.5 边界创建孔

边界创建孔：在区域上用封闭的曲线环创建孔。

（1）选择区域，它的序号将出现在文本框里，如图 6-48 所示。

（2）选择和区域共面的封闭曲线环，它的序号将出现在文本框里。

（3）单击“应用”按钮，“边界创建孔”过程如图 6-49 和图 6-50 所示。

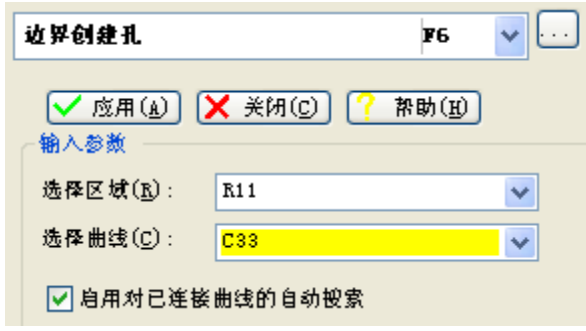


图 6-48 “边界创建孔”对话框

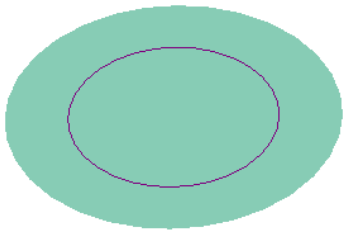


图 6-49　区域和它上面的曲线环

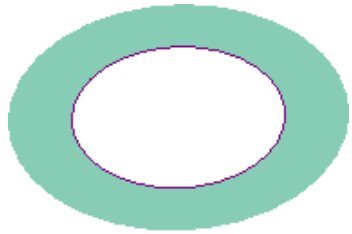


图 6-50　在区域上创建的孔

6.4.6　节点创建孔

节点创建孔：在区域上利用多个节点创建孔。

（1）选择区域，它的序号将出现在文本框里，如图 6-51 所示。

（2）依次选择区域上的节点。在选点的过程中会出现连接节点的轮廓线，如果轮廓线和待建孔的形状不符应重新选取节点，如图 6-52 和图 6-53 所示。

（3）单击“应用”按钮，得到如图 6-54 所示的“节点创建孔”图样。

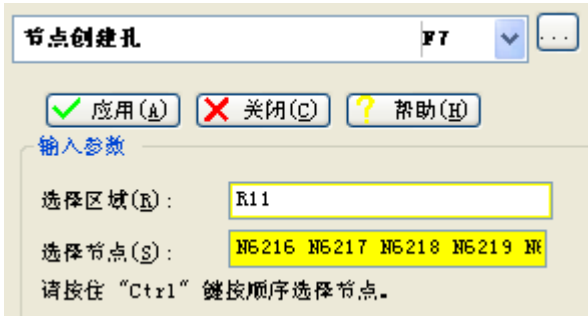


图 6-51　“节点创建孔”对话框

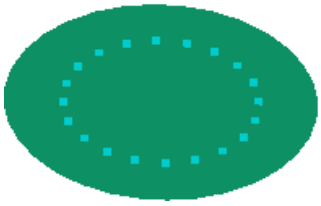


图 6-52　区域和上面的节点

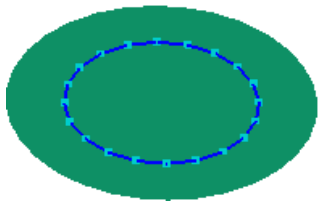


图 6-53　选点时的轮廓线



图 6-54　利用节点在区域上创建的孔

6.5　创建模具镶件

模具镶件可以起到成型、排气、散热等作用。用在深腔或深孔时，可以通入水路，加强这些一般水路难以冷却到的区域的冷却。

（1）选择菜单栏上的“建模”指令，在其下拉菜单中选择 创建镶件(I)指令，出现“创建模具镶件”对话框，如图 6-55 所示。

（2）选择所有和模具镶件接触的制品网格。建议打开，以防误选别处的网格。

（3）选择镶件的方向，可以沿着垂直于深腔的方向或沿着三个坐标轴方向。创建深腔内的镶件时建议沿着垂直于深腔的方向；创建其他部位的镶件时可以选择性地沿着坐标轴方向。

（4）设定镶件的高度，如果已经创建了模具型腔，可以选择“到模具表面”；如果没有创建模具表面可以在“指定的距离”文本框中输入高度值。

（5）单击“应用”按钮，“创建模具镶件”过程如图 6-56 和图 6-57 所示。



图 6-55 “创建模具镶件”对话框

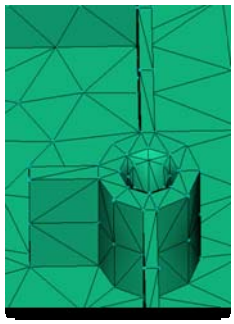


图 6-56 产品上的深腔

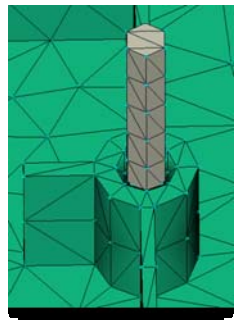


图 6-57 成型深腔的镶件

6.6 创建局部坐标系/建模基准面

局部坐标系可用于定义一些和全局坐标系非同向的量的方向。

（1）选择菜单栏上的“建模”指令，在其下拉菜单中选择**局部坐标系/建模基准面**(L)指令，在下拉菜单中单击**定义**(D)按钮，出现“创建局部坐标系”对话框，如图 6-58 所示。

（2）选择局部坐标系的原点。此点作为第一点，它的序号出现在文本框中。

（3）选择第二点。第一点和第二点形成局部坐标系 *x* 轴的正向。

（4）选择第三点。这三点确定了局部坐标系 *XY* 平面的方向。*Z* 轴垂直于 *XY* 平面。

【注意】 在选择三个节点的过程中，如果依照逆时针方向，则局部坐标的 *Z* 轴与全局坐标的 *l* 轴同向；如果依照顺时针方向，则局部坐标的 *Z* 轴与全局坐标的 *Z* 轴反向。

（5）单击“应用”按钮，得到图 6-59 所示的局部坐标系。

（6）选中已存在的局部坐标系。

在使用前必须先激活局部坐标系，步骤如下：

（1）选中要激活的局部坐标系，坐标系由深紫色变为粉色。

（2）选择菜单栏上“建模”指令，在其下拉菜单中选择**局部坐标系/建模基准面 (L)**指令，在下拉菜单中单击**激活为局部坐标系 (V)**按钮。

（3）处于激活状态的局部坐标系呈鲜红色。这时在文本框中输入的坐标矢量将和局部坐标系的三轴方向相对应。如果要关掉局部坐标系，单击**激活为局部坐标系 (V)**按钮，使之处于非选中状态即可。它的颜色又变回深紫色。

将局部坐标系的 *XY* 平面作为建模基准面步骤如下：

（1）选中要激活的局部坐标系，坐标系由深紫色变为粉色。

（2）选择菜单栏上“建模”指令，在其下拉菜单中选择**局部坐标系/建模基准面 (L)**指令，在下拉菜单中单击**激活为建模基准面 (I)**按钮，在局部坐标系的 *XY* 平面出现网状基准平面。单击基准面上任意一点，它的 *X*、*Y* 向的坐标总是落在基准面上。

（3）作为基准的局部坐标系呈深灰色。这时在文本框中输入的坐标矢量将和局部坐标系的三轴方向相对应。如果要关掉基准面，单击**激活为建模基准面 (I)**按钮，使之处于非选中状态即可。它的颜色又变回深紫色。



图 6-58　“创建局部坐标系”对话框

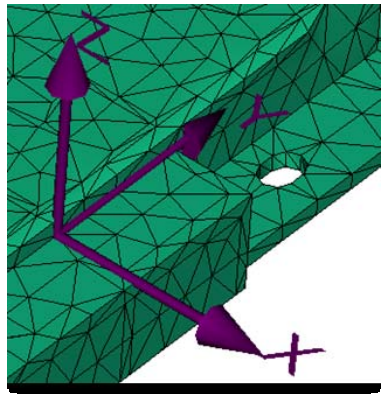


图 6-59　产品模型上的局部坐标系

6.7　移动/复制

移动/复制经常用于建模和创建多个型腔，灵活有效地运用这些功能将大大提高建模的效率。选择菜单栏上“建模”指令，在其下拉菜单中单击**移动/复制 (M)**，出现如图 6-60 所示的指

令项。或直接单击项目栏中“工具”按钮，单击图标，出现如图 6-60 所示指令项。

6.7.1 平移

（1）选择“平移”指令，在项目栏出现“平移”指令对话框，如 6-61 所示。



图 6-60 “移动/复制”指令项



图 6-61 “平移”指令对话框

（2）选择要进行平移的实体，被选中的实体序号会出现在“选择”文本框里。

（3）在“矢量”文本框输入需要平移的相对坐标量。

（4）选择平移的方式。

“移动”：只按输入的矢量值移动实体。

“复制”：按照输入的矢量值移动并复制实体。在“数量”文本框输入复制的实体个数 *N*，连同本体一共 *N*+1 个。

（5）单击“应用”按钮，隔水板水路平移前后如图 6-62 和图 6-63 所示。

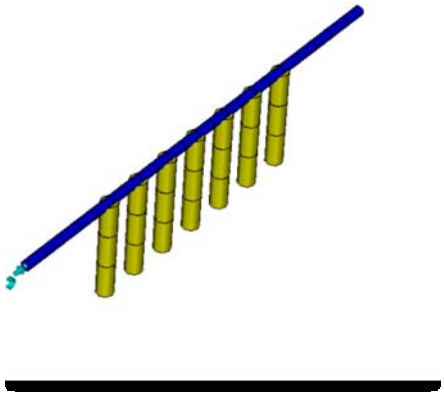


图 6-62 隔水板水路平移前

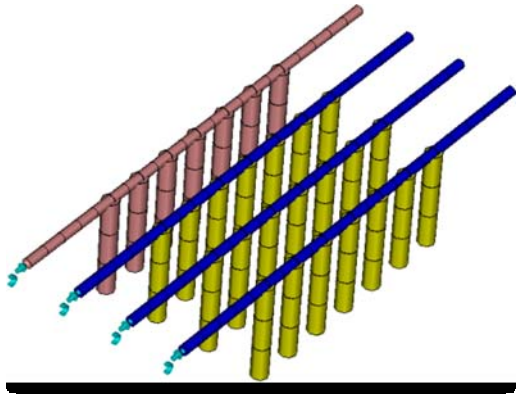


图 6-63 隔水板水路平移后

6.7.2 旋转

（1）选择“旋转”指令，在项目栏出现“旋转”指令对话框，如图 6-64 所示。

（2）选择要进行选择的实体，被选中的实体序号会出现在“选择”文本框里。

（3）定义旋转轴。

（4）定义旋转的角度。这里的角度是每两个实体间的角度，而不是在输入的角度内产生

若干实体。

（5）选取旋转参照点。

（6）选择旋转的方式。

“移动”：只按输入的角度值旋转实体。

“复制”：按照输入的角度值旋转并复制实体。在“数量”文本框中输入复制的实体个数 *N*，连同本体一共 *N*+1 个。

（7）单击“应用”按钮，旋转复制前后如图 6-65 和图 6-66 所示。

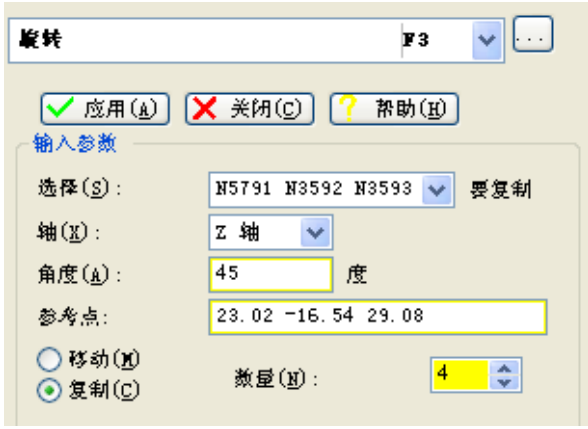


图 6-64　“旋转”指令对话框

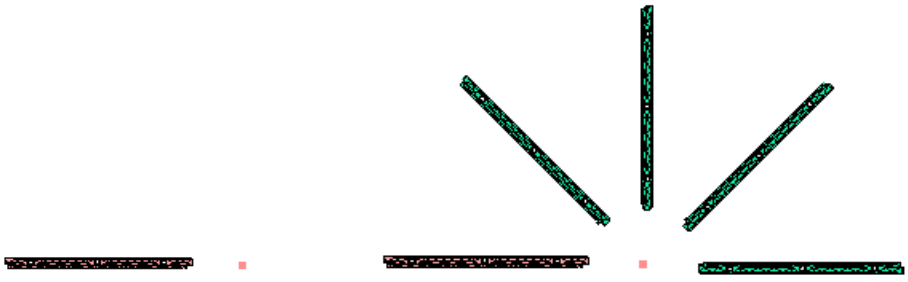


图 6-65　旋转复制前

图 6-66　旋转复制后

6.7.3　点旋转

（1）选择“3 点旋转”指令，在项目栏出现“3 点旋转”对话框，如图 6-67 所示。

（2）选择旋转的实体，它们的序号出现在“选择”文本框里。

（3）选择第一参照点，这一点在旋转后将被放置到坐标原点的位置。

（4）选择第二参照点，这一点和第一点的连线在旋转后将被放置到 *X* 轴。*X* 轴的原点为第一参照点，正向指向第二参照点。

（5）选择第三参照点，第三参照点所在的面在旋转后将被放置到 *XY* 面。

（6）单击“应用”按钮。为了得到更直观的效果，这里采用了“复制”。如图 6-68 和图 6-69 所示，重新定义和绝对坐标系 *XY* 面平行的面。

【注意】　这项功能通常用于校正模型的正方向，一般的旋转操作通过“旋转”指令即可

完成。



图 6-67 “3 点旋转”指令对话框

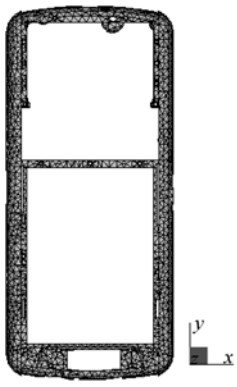


图 6-68 模型旋转前



图 6-69 模型重新定义 *xy* 平面

6.7.4 缩放

（1）选择“缩放”指令，在项目栏出现“缩放”指令对话框，如图 6-70 所示。

（2）选择缩放的实体，它们的序号出现在“选择”文本框里。

（3）在“比例因子”中输入缩放的比例。因子大于 1 时模型将会被放大，因子小于 1 时模型会被缩小。

（4）选择参考点。参考点的选择非常重要，尤其当有其他实体存在时。可以说“比例因子”控制模型缩放后的尺寸，而参考点控制模型缩放后的位置。

（5）选择缩放方式。

“移动”：只按输入的比例值缩放实体。

“复制”：按照输入的比例值缩放并复制实体。在“数量”文本框输入复制的实体个数 *N*，连同本体一共 *N*+1 个。

（6）单击“应用”按钮，模型缩放前后如图 6-71 和图 6-72 所示。

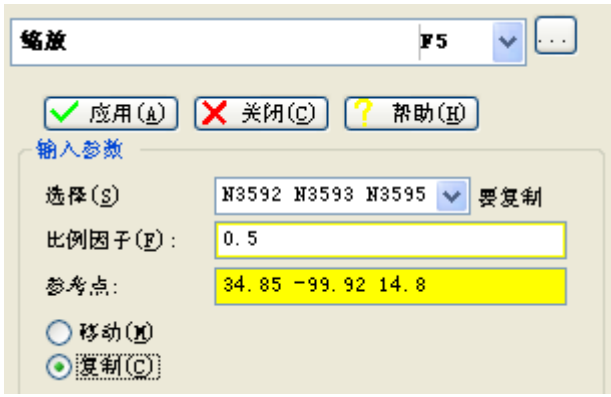


图 6-70　“缩放”指令对话框

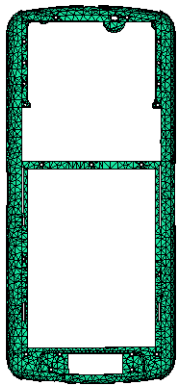


图 6-71　模型缩放前

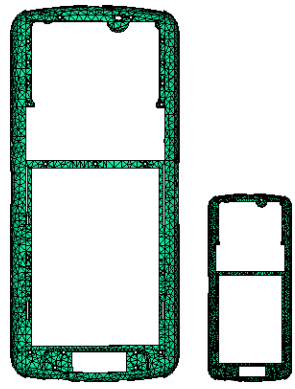


图 6-72　模型缩放后

6.7.5　镜像

（1）选择“镜像”指令，在项目栏出现“镜像”指令对话框，如图 6-73 所示。

（2）选择镜像的实体，它们的序号出现在“选择”文本框里。

（3）选择镜像平面。

（4）选择镜像参考点。

（5）选择镜像的方式。

“移动”：将原实体移动到镜像参考点的对面去。

“复制”：复制并保留原实体。

“试图连接到现有模型”：将镜像后的实体自动连接到模型上。一般不勾选此项。如果只在镜像分流道时勾选此项，系统会把分流道自动延长到产品上，占去浇口的位置，这时就得删去分流道。

（6）单击“应用”按钮，流道镜像前后如图 6-74 和图 6-75 所示。

【注意】　镜像或复制流道后应检查它们与产品模型的连通性。

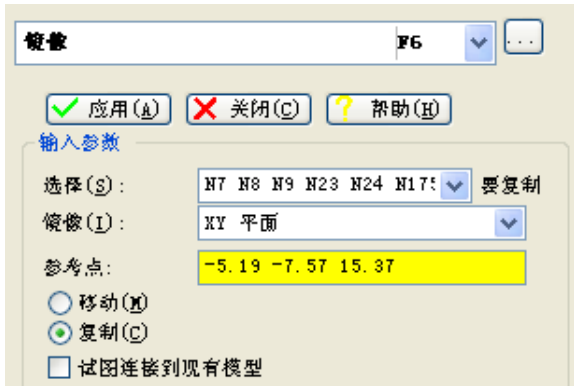


图 6-73 “镜像”指令对话框

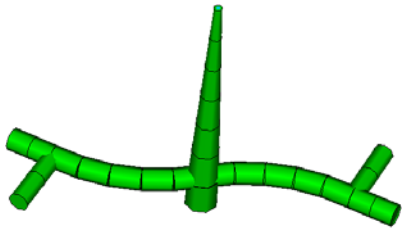


图 6-74 流道镜像前

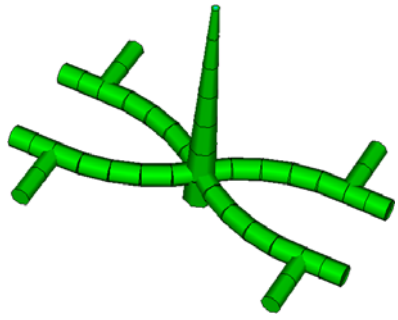


图 6-75 流道镜像后

6.8 建立浇注系统

浇注系统是熔融塑胶由机台料筒进入模具型腔的通道，将处于高压下的熔融塑胶快速、平稳地引入型腔。以下几节将详细讲述浇注系统的建立。

6.8.1 创建浇口

在模具设计段，鉴于客户对产品品质的要求和产品特征的复杂性，尤其当有较多倒扣存在时，会用到复杂的模具成型机构，因此选择适当的进浇位置浇口类型关系到注塑过程能否顺利进行和制品的成型质量的保证。在选择浇口位置时应注意以下几点：

（1）无论是两板模还是三板模，都应优先考虑从产品肉厚处进浇，既可防止熔融塑胶提前凝固堵住流动路径，还可改善局部缩水。

（2）两板模的浇口尽量选在分型面上，便于浇口的加工和去除。

（3）不管是一点进浇还是多点进浇，尽量保证型腔充填的平衡性，这样可以有效避免局部过保压。

（4）浇口的尺寸应满足整个型腔的充填。尺寸太小的浇口不利于压力的传递，保压的效果比较差，如果一味提高射压容易产生过多残余应力。

（5）浇口位置的选择应利于型腔的排气。

（6）浇口尽量不选在产品外观面上，还应考虑到浇口易于切除。

（7）浇口不要正对着型芯。小型芯很容易在高射压下被冲变形或发生移位。

（8）尽量避免熔接痕产生在产品外观面上，尤其采用多点进浇时，应控制每个浇口的流量，把熔接痕驱赶到不明显的部位。

6.8.2　常用浇口的创建方法

1．直接浇口

多用于两板模进浇。

优点：不需加工流道，熔融塑胶由注口直接进入型腔，压力损失小，充填性能良好，成型制品尺寸精确，品质优良。

缺点：流道移除困难，浇口残痕明显，且浇口附近残余应力大，容易发生缩水。

创建方法如下：

1）选择进浇位置

注意进浇点周围的网格大小应该均衡，必要时可以利用网格修补功能加以优化。

尽量将浇口选在产品中心最厚处。

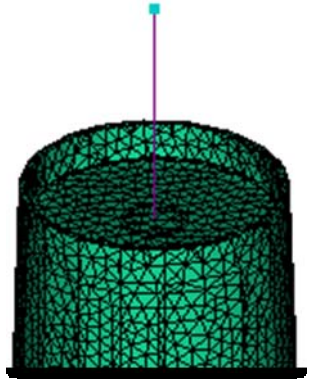


图 6-76　直接浇口的轴线

2）绘制直接浇口的轴线

（1）单击“创建曲线”按钮，在其下拉菜单中选择“创建直线”指令。

（2）单击进浇点，它的序号将出现在“第一点”文本框里。

（3）选择“相对”坐标。在“第二点”文本框里输入针点浇口轴线的长度的矢量值（0 0 120）。单击“应用”按钮，得到如图 6-76 所示的直接浇口的轴线。

3）赋予轴线冷浇口的属性

（1）选中轴线，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在随后出现的对话框中选择“是”指令。

（2）出现“指定属性”对话框，如图 6-77 所示。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“冷主流道”指令。



图 6-77　“指定属性”对话框

（3）出现“冷主流道”属性设置对话框。在主流道外形控制下拉列表中选择“锥体（由角度）”指令，单击“编辑尺寸”按钮，在“始端直径”文本框中输入浇口的尺寸“3.5”，在“锥体角度”文本框输入浇口的单边角度“2”，如图 6-78 所示。

（4）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。



图 6-78　“冷主流道”属性设置对话框

4）划分浇口的杆单元

（1）单击划分网格指令按钮，在“全局网格边长”文本框中输入杆单元的边长值 15。

【注意】　对于有锥度的杆单元，边长值应同时考虑到锥体的最小端直径和最大端直径。

（2）　单击“立即划分网格”按钮。直接浇口的杆单元创建成功，如图 6-79 所示。

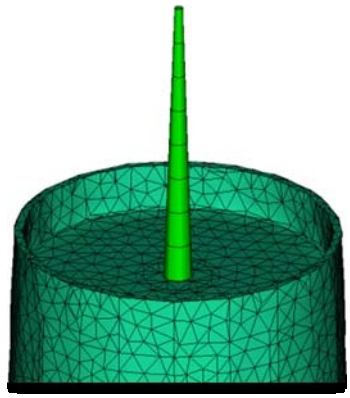


图 6-79　直接浇口的杆单元

2．矩形浇口

由模穴侧边进浇，为边浇口的一种。

优点：容易加工，尺寸易修改，可防止料流在成型过程中发生逆流，成型制品尺寸精确。

缺点：浇口移除困难，浇口残痕明显，压力损失大，充填性能不佳，有时易造成充填不足或中途固化。

创建方法如下：

1）选择进浇位置

（1）确定 PL 面位置，如图 6-80 所示。

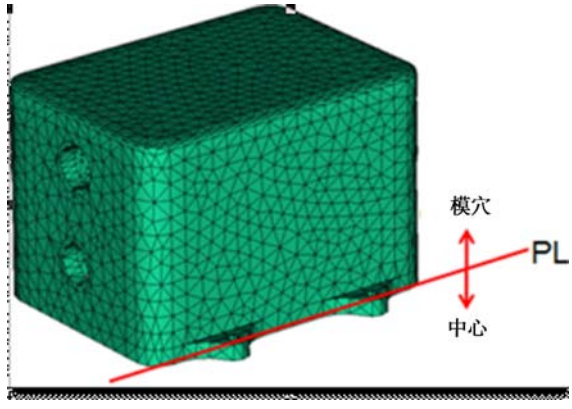


图 6-80　确定产品 PL 面

（2）拟定进浇点。根据浇口厚度调整拟进浇点与 PL 面的距离。因拟进浇点为浇口厚度的中心，所以在建立厚度为 2mm 的矩形浇口前，可采用“移动节点”指令将拟浇口点与 PL 面的距离调整 1.00mm，才可建立厚度为 2.00mm 的浇口。

2）绘制矩形浇口的轴线

（1）单击“创建曲线”按钮，在其下拉菜单中选择“创建直线”指令。

（2）单击进浇点，它的序号将出现在“第一点”文本框里。

（3）选择“相对”坐标。在“第二点”文本框里输入针点浇口轴线长度的矢量值（0 0 8）。单击“应用”按钮，得到如图 6-81 所示的矩形浇口轴线。

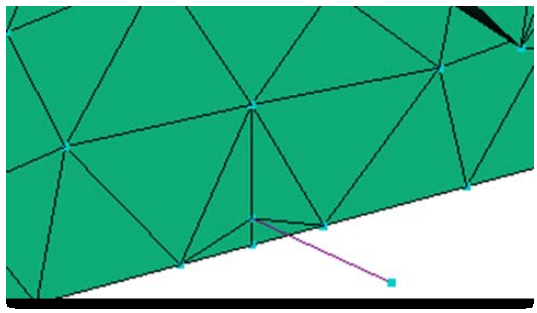


图 6-81　矩形浇口的轴线

3）赋予轴线冷浇口的属性

（1）选中轴线，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在随后出现的对话框中选择“是”指令。

（2）出现“指定属性”对话框。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“冷浇口”指令。

（3）出现“冷浇口”属性设置对话框，如图 6-82 所示。在“截面形状是”下拉列表中选择“矩形”指令，在浇口外形控制下拉列表中选择“非锥体”指令，单击“编辑尺寸...”按钮，出现“横截面尺寸”对话框，根据流道的尺寸在“宽度”文本框中输入浇口的尺寸“8”，在“高度”文本框输入浇口的单边角度“2”。



图 6-82　“冷浇口”属性设置对话框——矩形浇口

（4）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

4）划分浇口的杆单元

（1）单击“划分网格”指令按钮，在“全局网格边长”文本框中输入杆单元的边长值 3。

（2）单击“立即划分网格”按钮。矩形浇口的杆单元创建成功，如图 6-83 所示。

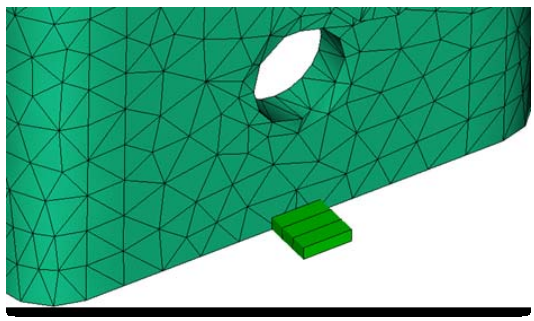


图 6-83　矩形浇口的杆单元

3．扇形浇口

多用于成型大型、薄壁产品。

优点：均匀分配进入型腔的料流，使之形成平滑的流动前缘，有利于压力的传递，可以减少应力的产生，改善翘曲，获得良好的制品外观。

缺点：浇口移除困难，浇口残痕大。

创建方法如下：

1）选择进浇位置

（1）确定 PL 面位置，可参照矩形浇口的方式。

（2）拟定进浇点。根据浇口厚度调整拟进浇点与 PL 面的距离。因拟进浇点为浇口厚度的中心，所以在建立厚度为 2mm 的矩形浇口前，可采用“移动节点”指令将拟浇口点与 PL 面的距离调整 1.00mm，才可建立厚度为 2.00mm 的浇口。

2）绘制扇形浇口的轴线

（1）单击“创建曲线”按钮，在其下拉菜单中选择“创建直线”指令。

（2）单击进浇点，它的序号将出现在“第一点”文本框里。

（3）选择“相对”坐标。在“第二点”文本框里输入针点浇口轴线长度的矢量值（0 0 8）。单击“应用”按钮，得到如图 6-84 所示的扇形浇口的轴线。

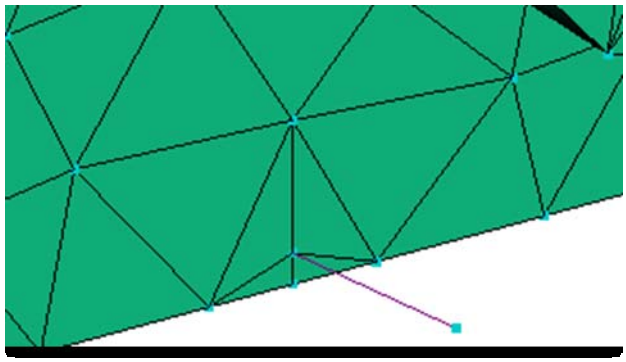


图 6-84　扇形浇口的轴线

3）赋予轴线冷浇口的属性

（1）选中轴线，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在随后出现的对话框中选择“是”指令。

（2）出现“指定属性”对话框。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“冷浇口”指令。

（3）方案一：出现“冷浇口”属性设置对话框，如图 6-85 所示。在“截面形状是”下拉列表中选择“梯形”指令，在浇口外形控制下拉列表中选择“锥体（由端部尺寸）”指令，单击“编辑尺寸...”按钮，出现“横截面尺寸”对话框，在“始端顶部宽度”和“始端底部宽度”文本框中输入浇口的宽度尺寸“12”，在“始端高度”文本框输入浇口的始端高度“1.5”，根据流道的尺寸在“末端顶部宽度”和“末端底部宽度”文本框中输入尺寸“8”，在“末端高度”文本框中输入浇口的末端高度“2.5”。

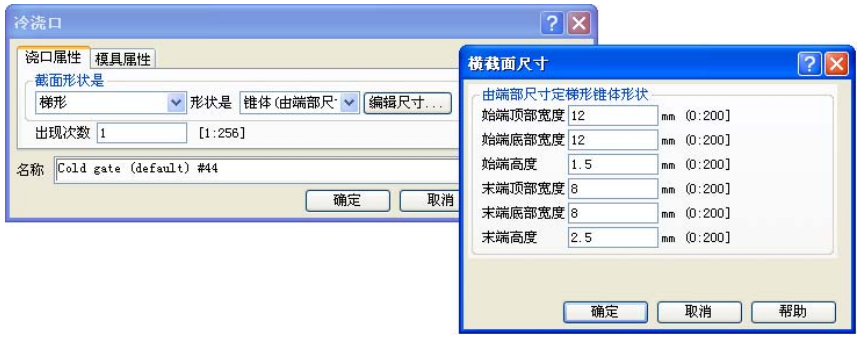


图 6-85　“冷浇口”属性设置对话框编辑方案一

方案二：在“截面形状是”下拉列表中选择“矩形”指令，在浇口外形控制下拉列表中选择“锥体（由端部尺寸）”指令，单击“编辑尺寸...”按钮，出现“横截面尺寸”对话框，在“始端宽度”文本框中输入浇口的宽度尺寸“12”，在“始端高度”文本框输入浇口的始端高度“1.5”，根据流道的尺寸在“末端宽度”文本框中输入尺寸“8”，在“末端高度”文本框中输入浇口的末端高度“2.5”，如图 6-86 所示。



图 6-86　“冷浇口”属性设置对话框编辑方案二

（4）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

4）划分浇口的杆单元

（1）单击“划分网格”指令按钮，在“全局网格边长”文本框中输入杆单元的边长值 3。

（2）单击“立即划分网格”按钮。扇形浇口的杆单元创建成功，如图 6-87 所示。

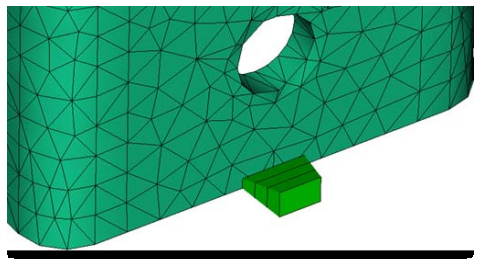


图 6-87　扇形浇口的杆单元

4．潜薄片浇口

多用于外观质量要求高、不能留有浇口痕迹的产品。

优点：浇口位置受限不大，制品外观靓丽。

缺点：浇口不易移除，压力损失大。

创建方法如下：

1）选择进浇位置

（1）确定 PL 面位置，可参照矩形浇口的方式。

（2）拟定产品上进浇点。

2）绘制薄片的轴线

（1）单击“创建曲线”按钮，在其下拉菜单中选择“创建直线”指令。

（2）单击产品上进浇点，它的序号将出现在“第一点”文本框里。

（3）选择“相对”坐标。在“第二点”文本框里输入薄片轴线长度的矢量值（0 0 15），单击“应用”按钮，得到如图 6-88 所示的薄片轴线。

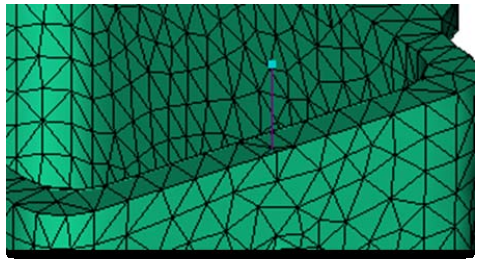


图 6-88　薄片轴线

3）赋予轴线冷浇口的属性

（1）选中轴线，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在随后出现的对话框中选择“是”指令。

（2）出现“指定属性”对话框。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“制品柱体”指令，如图 6-89 所示。



图 6-89　“指定属性”对话框——制品柱体

（3）出现“制品柱体”属性设置对话框，如图 6-90 所示。在浇口截面形状下拉列表中选择“矩形”指令，在浇口外形控制下拉列表中选择“非锥体”指令，单击“编辑尺寸...”按钮，根据流道的尺寸在“宽度”文本框中输入浇口的尺寸“3”，在“高度”文本框输入浇口的单边角度“12”。



图 6-90　“制品柱体”属性设置对话框

（4）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

4）划分薄片的杆单元

（1）单击“划分网格”指令按钮，在“全局网格边长”文本框中输入杆单元的边长值 4。

（2）单击“立即划分网格”按钮。薄片创建成功，得到如图 6-91 所示的薄片杆单元，制品柱体单元默认颜色为蓝色。

5）绘制潜浇口的轴线

（1）单击“创建曲线”按钮，在其下拉菜单中选择“创建直线”指令。

（2）选择薄片杆单元上一个节点作为潜浇口的进浇点，它的序号将出现在“第一点”文本框里。

（3）选择“相对”坐标。在“第二点”文本框里输入潜浇口长度的矢量值（0 -12 11），注意潜浇口的长度，并使潜浇口的末端落在 PL 面上，这样才能和流道正确对接。单击“应用”按钮，得到潜浇口的轴线图如图 6-92 所示。

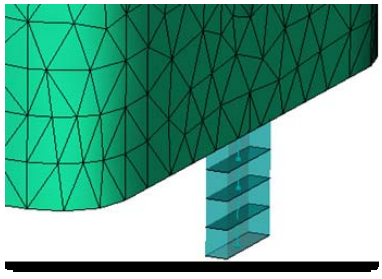


图 6-91　薄片杆单元

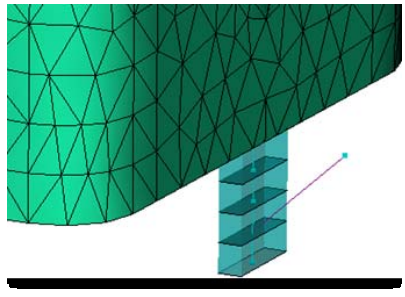


图 6-92　潜浇口的轴线

6）赋予轴线冷浇口的属性

（1）选中轴线，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在随后出现的对话框中选择“是”指令。

（2）出现“指定属性”对话框。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“冷浇口”指令。

（3）出现“冷浇口”属性设置对话框，如图 6-93 所示。在浇口截面形状下拉列表中选择“圆形”指令，在浇口外形控制下拉列表中选择“锥体（由角度）”指令，单击“编辑尺寸…”按钮，在“始端直径”文本框中输入浇口的尺寸“1.5”，在“锥体角度”文本框中输入浇口的单边角度“8”。



图 6-93　“冷浇口”属性设置对话框——潜薄片浇口

（4）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

7）划分潜浇口杆单元

（1）单击“划分网格”指令按钮，在“全局网格边长”文本框中输入杆单元的边长值 4。

（2）单击“立即划分网格”按钮。潜浇口创建成功，得到如图 6-94 所示的潜薄片浇口杆单元。

5．针点浇口

多用于三板模一点进浇或多点进浇，或两板模多点进浇。

优点：浇口易于加工，进浇位置不受限制，可实现自动断浇，浇口残痕小，残留应力小。

缺点：压力损失大，模具结构复杂，模具造价高。

创建方法如下：

1）选择进浇位置

【注意】　进浇点周围的网格大小应该均衡，必要时可以利用网格修补功能加以优化。

2）绘制针点浇口的轴线

（1）单击“创建曲线”按钮，在其下拉菜单中选择“创建直线”指令。

（2）单击进浇点，它的序号将出现在“第一点”文本框里。

（3）选择“相对”坐标。在“第二点”文本框里输入针点浇口轴线长度矢量值（0 0 1）。单击“应用”按钮，得到进浇点周围的网格图形，如图 6-95 所示。

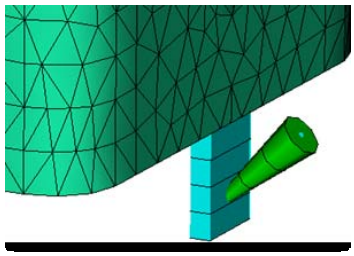


图 6-94　潜薄片浇口杆单元

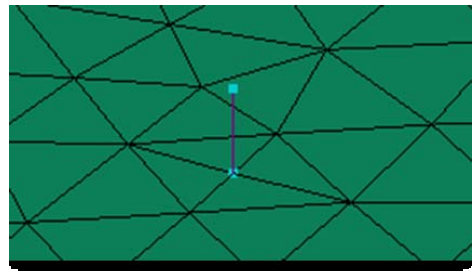


图 6-95　进浇点周围的网格

3）赋予轴线冷浇口的属性

（1）选中轴线，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在随后出现的对话框中选择“是”指令。

（2）出现“指定属性”对话框，如图 6-96 所示。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“冷浇口”指令。

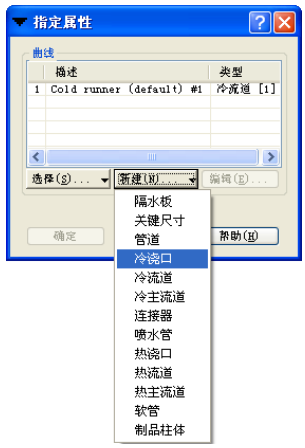


图 6-96　“指定属性”对话框——冷浇口

（3）出现“冷浇口”属性设置对话框，如图 6-97 所示。在浇口截面形状下拉列表中选择“圆形”指令，在浇口外形控制下拉列表中选择“锥体（由角度）”指令，单击“编辑尺寸...”按钮，在“始端直径”文本框中输入浇口的尺寸“1”，在“锥体角度”文本框中输入浇口的单边角度“15”。



图 6-97　“冷浇口”属性设置对话框——针点浇口

（4）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

4）划分浇口的杆单元

（1）单击划分网格指令按钮，在“全局网格边长”文本框中输入杆单元的边长值 0.4。

（2）单击“立即划分网格”按钮。针点浇口创建成功，得到如图 6-98 所示的针点浇口杆单元。

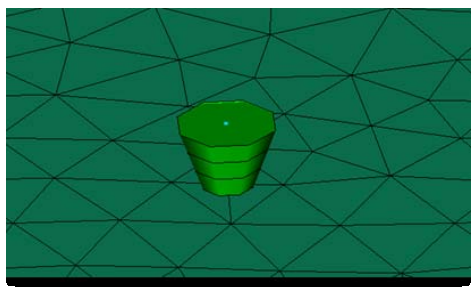


图 6-98　针点浇口杆单元

6．潜牛角浇口

多用于外观质量要求高、不能留有浇口痕迹的产品。

优点：浇口位置不受限制，制品外观无进浇痕迹，可实现自动断浇。

缺点：浇口加工难度高，压力损失大。

创建方法如下：

1）选择进浇位置

（1）确定 PL 面位置，可参照矩形浇口的确定方式。

（2）拟定产品上进浇点。

2）绘制牛角浇口前端针点浇口轴线

参照创建针点浇口的方法，得到如图 6-99 和图 6-100 所示的针点浇口轴线自定义视图和侧视图。

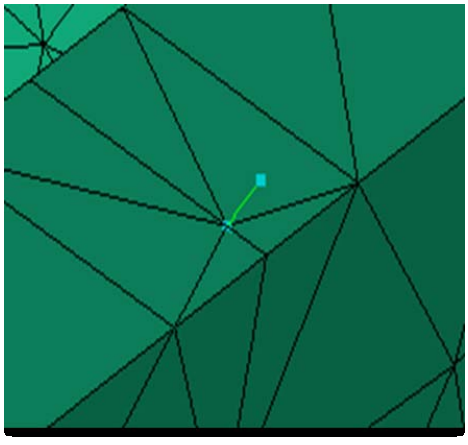


图 6-99　针点浇口轴线自定义视图

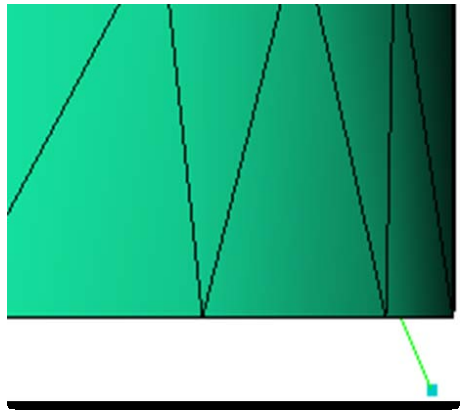


图 6-100　浇口轴线侧视图

3）赋予轴线冷浇口的属性

参照创建针点浇口的方法，得到如图 6-101 和图 6-102 所示的针点浇口自定义视图和侧视图

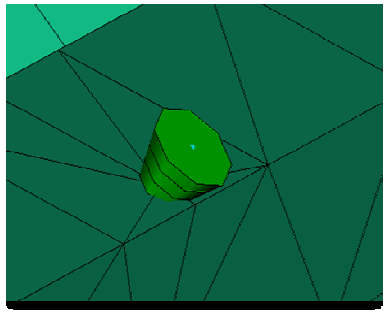


图 6-101　针点浇口自定义视图

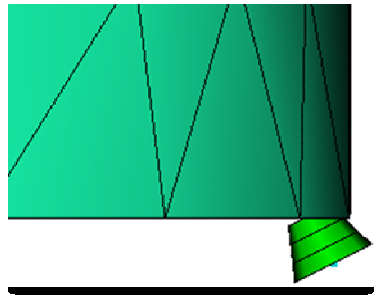


图 6-102　针点浇口侧视图

4）绘制牛角浇口的轴线

（1）单击“创建节点”按钮，在其下拉菜单中选择“偏移创建节点”指令。

（2）单击产品上进浇点，它的序号将出现在“第一点”文本框里。

（3）选择“相对”坐标。在“偏移”文本框里输入节点偏移的矢量值（15 0 0），使牛角浇口端点落在 PL 面上。单击“应用”按钮，如图 6-103 所示，生成牛角浇口末端端点。

（4）单击针点浇口末端节点，它的序号将出现在“第一点”文本框里。

（5）选择“相对”坐标。在“偏移”文本框里输入节点偏移的矢量值（-5.8 0 -3.65）。单击“应用”按钮，创建圆弧上节点，如图 6-104 所示。

（6）单击“创建曲线”按钮，在其下拉菜单中选择“3 点创建圆弧”指令。先选择针点浇口末端节点作为牛角浇口的起始点，再依逆时针方向选择另外两节点。单击“应用”按钮，如图 6-105 所示，生成牛角浇口的圆弧轴线。



图 6-103　创建圆弧末端点



图 6-104　创建圆弧上节点

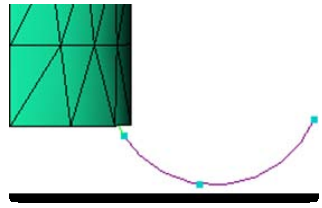


图 6-105　3 点创建圆弧

5）赋予轴线冷浇口的属性

（1）选中轴线，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在随后出现的对话框中选择“是”指令。

（2）出现“指定属性”对话框，如图 6-106 所示。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“冷浇口”指令。



图 6-106　“指定属性”对话框——冷浇口

（3）出现“冷浇口”属性设置对话框，如图 6-107 所示。在浇口截面形状下拉列表中选择“圆形”指令，在浇口外形控制下拉列表中选择“锥体（由角度）”指令，单击“编辑尺寸...”，按钮，在“始端直径”文本框中输入浇口的尺寸“1.2”，在“锥体角度”文本框中输入浇口

的单边角度“8”。

（4）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。



图 6-107　“冷浇口”属性设置对话框——潜是角浇口

6）划分牛角浇口的杆单元

（1）单击“划分网格”指令按钮，在“全局网格边长”文本框中输入杆单元的边长值 3.5。

（2）单击“立即划分网格”按钮。针点浇口创建成功，如图 6-108 和图 6-109 所示。

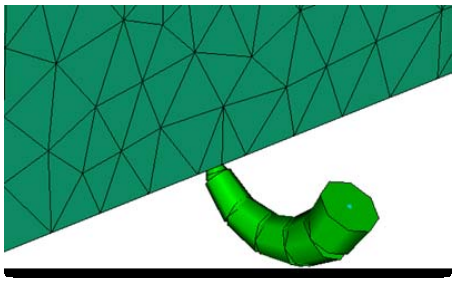


图 6-108　牛角浇口自定义视图

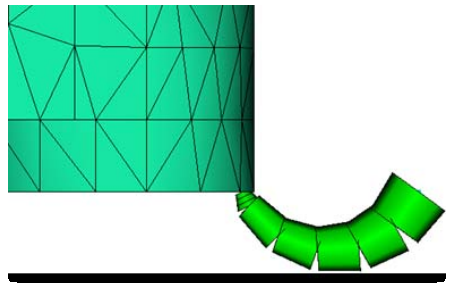


图 6-109　牛角浇口侧视图

7．圆盘浇口

如果产品上有孔，且能够作为进浇的位置，可采用盘形浇口进浇。

优点：将进浇的孔填补后类似于直接进浇，压力损失小，保压效果良好，可改善熔接痕，同时可防止流痕的产生，制品强度好。

缺点：浇口移除困难，产品上必须有适合作为浇口的孔。

创建方法如下：

（1）确定产品上可作为浇口的孔，如图 6-110 所示。

（2）将孔壁上的网格删掉，如图 6-111 所示，此时可以看到模型上下表面的两层网格。注意不要误删到其他的网格。

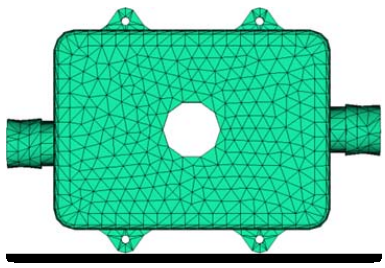


图 6-110　产品上可作为浇口的孔示例

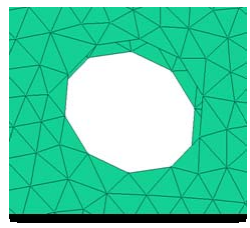


图 6-111　删除孔壁上的网格

（3）单击“填充孔”快捷图标，将位于模型上表面的孔补上，如图 6-112 所示，中间较大的网格为补漏洞的网格。

（4）翻转模型，检查模型下表面的孔。单击“视角”指令框，显示下表面正视图。单击测量图标，测量孔的直径为 22mm。

（5）选择 坐标中间创建节点 指令，创建下表面孔的中心点。单击“平移”指令快捷图标，将下表面孔的中心点沿 z 轴负向移动 2mm。

（6）创建区域边界。单击“创建曲线”按钮，在其下拉框中选择 角度创建圆弧 指令。单击下表面孔的中心点，依次在“半径”文本框里输入圆半径值 11 和 10，在“开始角度”文本框里输入“0”，在“结束角度”文本框里输入“360”。单击“应用”按钮，生成圆，如图 6-113 所示。

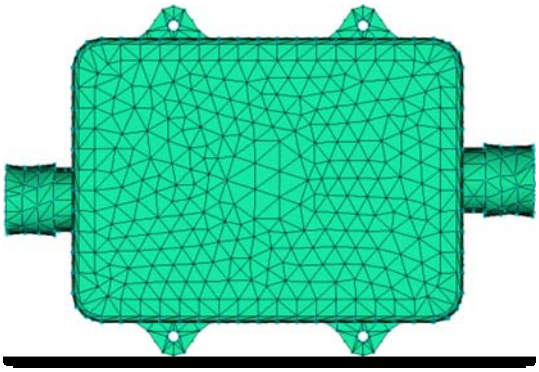


图 6-112　补孔的网格

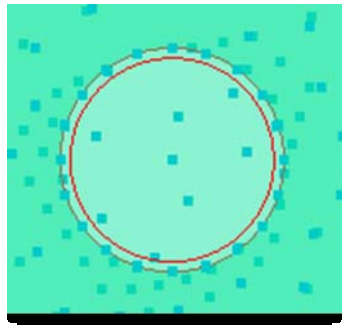


图 6-113　创建区域边界

（7）创建圆形区域。单击“创建区域”按钮，在其下拉菜单中选择 边界创建区域 指令，选择半径值为 11mm 的圆弧，单击“应用”按钮，生成圆形区域，如图 6-114 所示。

（8）创建环形区域。单击“创建区域”按钮，在其下拉菜单中选择 边界创建孔 指令，首先选择图 6-110 中的圆形区域，再选择半径值为 10mm 的圆弧，单击“应用”按钮，生成环形区域，如图 6-115 所示。

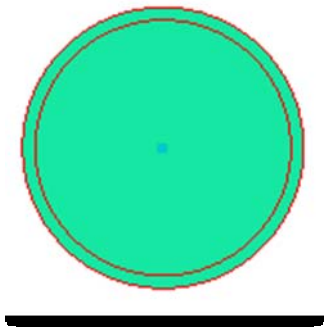


图 6-114　创建圆形区域

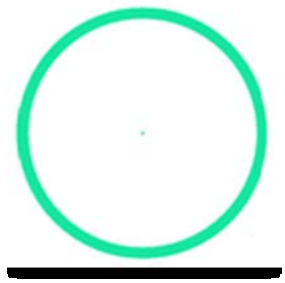


图 6-115　环形区域

（9）在环形区域上生成网格。在“层管理模块”中只显示保存环形区域的层，关掉其他层。单击网格生成按钮，在“全局网格边长”文本框里输入“6”，单击“应用”按钮，得到划分网格后的环形区域如图 6-116 所示。

（10）创建盘形浇口下底面区域。从以前位置将表面孔的中心点沿 *Z* 轴负向移动 3mm，使之低于产品腔底下表面 1mm。以移动后的节点为中心点创建半径为 8.5 的圆弧，之后再以圆弧为边界创建圆形区域，如图 6-117 所示。

（11）划分盘底区域网格。关闭其他层，只显示盘底圆形区域。单击网格生成按钮，在“全局网格边长”文本框里输入“6”，单击“应用”按钮，生成盘底网格，如图 6-118 所示。

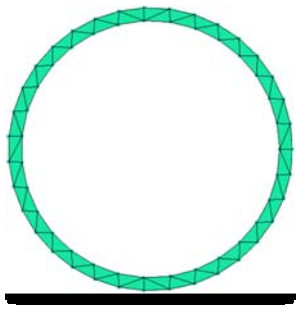


图 6-116　环形区域划分网格后

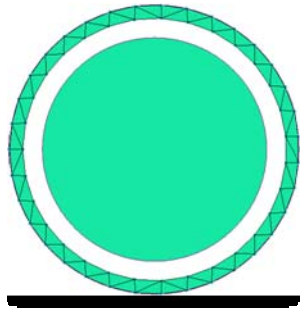


图 6-117　圆形区域

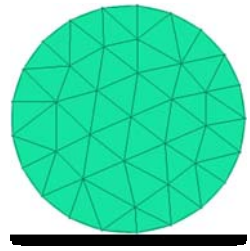


图 6-118　盘底网格

（12）连通独立区域。两个独立区域的网格划分完毕后，应手动创建三角形，连通已经创建完成的区域网格，形成圆盘浇口的外轮廓。选择“查看器”中“编辑剖切平面”指令，弹出“剖切平面”对话框，如图 6-119 所示。勾选“平面 YZ”选项，单击“使激活”按钮，弹出“移动剖切平面”对话框，如图 6-120 所示。移动剖切平面有两种方式，第一种为按设定距离点移动剖切平面，第二种为到达具体某节点。图 6-121 为圆盘浇口剖面视图。图 6-122 为网格显示形态为“实体”时的剖面视图。

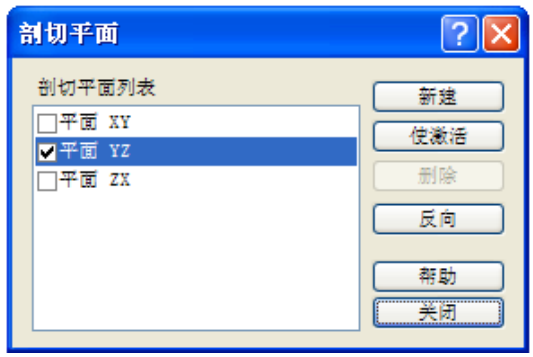


图 6-119　“剖切平面”对话框

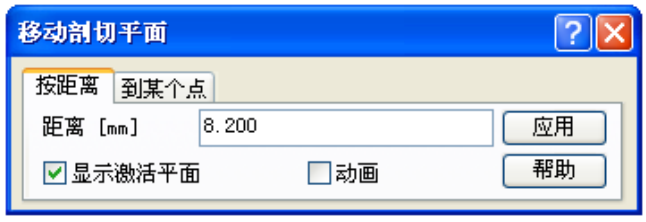


图 6-120　“移动剖切平面”对话框

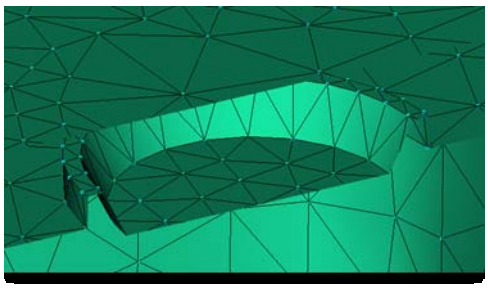


图 6-121　圆盘浇口剖面视图



图 6-122　网格为“实体”时的剖面视图

（13）重新划分盘底及其附近的网格，使模型上网格大小趋于均匀。单击 重新划分网格 按钮，括选需要重新划分的网格，注意同时重新划分上、下表面的网格。单击“应用”按钮，重新划分后的网格剖面视图如图 6-123 所示。

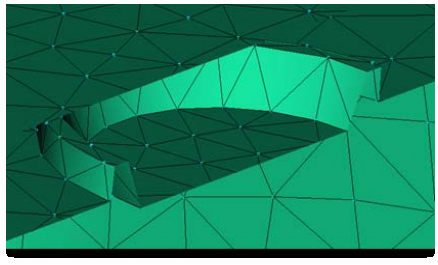


图 6-123　重新划分后网格为实体时的剖面视图

（14）赋予新建浇口网格单元“冷浇口”属性。选中所有作为浇口单元的网格，单击右键，选择“更改属性类型”指令，选择“冷浇口面（双层面）”指令，单击“确定”按钮，系统会弹出“属性更改结果”对话框，如图 6-124 所示。

（15）设定浇口网格单元厚度。在区域上划分出的三角形为中面三角形，系统默认厚度为 0。当创建出对应面的网格后，应执行赋予网格厚度的操作。选择在厚度上对应的浇口网格单元，单击右键，选择“属性”指令，弹出“制品表面”属性对话框，在“厚度”选项栏选择“指定”选项，在后面的文本框中输入对应面单元的实际厚度。

创建主流道，可完全参照直接浇口的方法。如图 6-125 所示，盘形浇口创建成功。



图 6-124　“属性更改结果”对话框

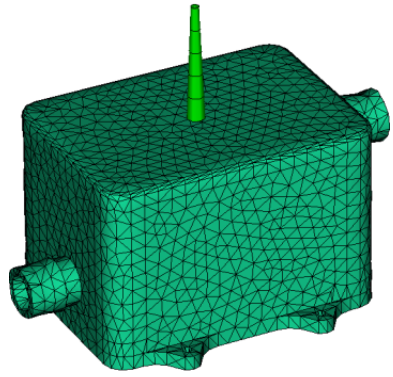


图 6-125　盘形浇口

8．热浇道

在浇注系统的外圈加热，使通过的塑胶保持良好的熔融性，以良好的流动状态进入型腔。

优点：有助于保持熔融塑胶良好的流动性，降低注射压力，减少内应力，提高制品的外观品质，缩短成型周期，节约料头，提高良品率。

缺点：费用昂贵，模具成本增加。

创建方法如下：

1）创建热浇口

（1）选择进浇位置，绘制热浇口的轴线，均可参照针点浇口的创建步骤，同时建议参照热浇道使用说明设置不同规格的热浇道尺寸。

（2）赋予轴线热浇口的属性。

① 选中轴线，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在随后出现的对话框中选择“是”指令。

② 出现“指定属性”对话框，如图 6-126 所示。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“热浇口”指令。



图 6-126　“指定属性”对话框——热浇口

③ 出现“热浇口”属性设置对话框，如图 6-127 所示。在浇口截面形状下拉列表中选择“圆形”，在浇口外形控制下拉列表中选择“非锥体”指令，在“直径”对话框里输入热浇口直径“4”。在“到模具的热损失选项”中可选择“恒定通量”或“绝缘属性”控制方法，需要在文本框中输入确切的值，我们均采用系统默认值。在“外部加热器在”选项中可手动设定温度或让加热器与熔体的温度相同。



图 6-127 “热浇口”属性设置对话框——热浇道

相对于冷浇口，热浇口的控制更为精确、更为灵活。通过在热浇口上设置阀浇口来控制型腔的填充。阀浇口处于开启状态，料流通过，阀浇口处于关闭状态，料流不能通过，由此可以精确控制型腔的填充。单击“阀控制”设置按钮，如图 6-128 所示，出现“选择 阀浇口控制器”选项卡。



图 6-128 “选择 阀浇口控制器”选项卡

目前系统只有默认的控制方法。单击“选择”按钮，默认控制方法便出现在选项栏中。接下来编辑控制的过程。单击“编辑”按钮，弹出“阀浇口控制器”选项卡。单击下拉按钮，如图 6-129 所示，弹出五种控制方法：

a．时间控制。单击“编辑设置...”按钮，可以分段编辑阀浇口开启和关闭的时间。这是最基本的控制方法。

b．流动前沿控制。通过流动前沿流至触发器时控制阀浇口的开启。可以将触发位置设置为浇口处或熔融塑胶流动路径上的一点。如果需要，在“延迟时间”文本框里可以设置料流触动触发器后阀浇口延迟开启的时间。在“阀浇口时间控制”文本框里分时间段设置阀浇口开启、关闭。

c．压力控制。如果触发点处的压力值达到设定值，则开启阀浇口。在“阀浇口初始状态”栏设置阀浇口的当前状态。设定触发点的位置。在“阀浇口压力控制”栏可分压力段控制触点的开启和关闭。

d．%体积控制。通过控制型腔的充填百分比来控制阀浇口。在“阀浇口初始状态”栏设置阀浇口的当前状态。在“阀浇口%体积控制”栏分段设置阀浇口开启、关闭。

e．螺杆位置控制。通过螺杆在料筒内的位置控制阀浇口。在“阀浇口初始状态”栏设置阀浇口的当前状态。在“阀浇口螺杆位置控制”栏可分多段设置螺杆的位置。



图 6-129　“阀浇口控制器”选项卡

单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

（3）划分浇口的杆单元，可参照创建针点浇口的步骤。系统默认热浇道颜色为鲜红色，如图 6-130 所示（图中深色部分），区别于冷浇口的绿色。热浇道每组分的杆单元至少应有一段，在保证杆单元纵横比的前提下，为了分析的准确性，一条轴线上的杆单元尽量不少于三段。

2）创建热流道

（1）绘制热流道的轴线。

（2）赋予轴线热流道的属性，如图 6-131 所示。

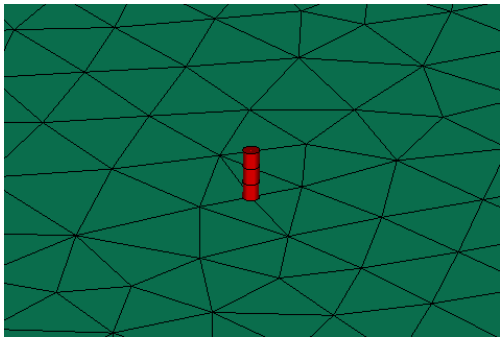


图 6-130　热浇口杆单元



图 6-131　“指定属性”对话框——热流道

① 出现“热流道”属性设置对话框，如图 6-132 所示。在流道截面形状下拉列表中选择“圆形”指令，在浇口外形控制下拉列表中选择“锥体（由角度）”指令，单击“编辑尺寸...”按钮，编辑锥体的尺寸。在“始端直径”文本框里输入“1”，在“锥体角度”文本框里输入

“45”。单击“确定”按钮，返回去。在“到模具的热损失选项”中可选择“恒定通量”或“绝缘属性”控制方法，需要在文本框中输入确切的值，均采用系统默认值。在“外部加热器在”选项中可手动设定温度或让加热器与熔体的温度相同。



图 6-132　“热流道”属性设置对话框

② 单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

（3）划分流道的杆单元，可参照创建针点浇口的步骤。系统默认热浇道颜色为鲜红色，如图 6-133 所示。

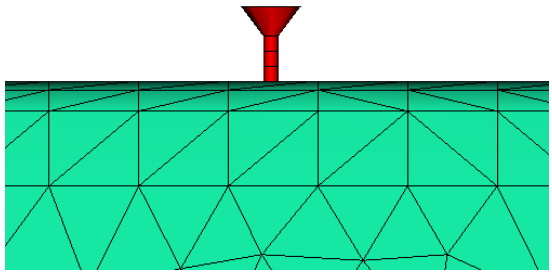


图 6-133　热流道杆单元图

3）创建热主流道

（1）绘制热流道的轴线。热主流道轴线的长度可参考热浇道使用说明。

（2）赋予轴线热主流道的属性，如图 6-134 所示。

① 出现“热主流道”属性设置对话框，如图 6-135 所示。在流道截面形状下拉列表中选择“圆形”指令，在浇口外形控制下拉列表中选择“非锥体”指令，在“直径”文本框里输入热主流道直径“4”。在“到模具的热损失选项”中可选择“恒定通量”或“绝缘属性”控制方法，需要在文本框中输入确切的值，均采用系统默认值。在“外部加热器在”选项中可手动设定温度或让加热器与熔体的温度相同。



图 6-134　“指定属性”对话框——热主流道

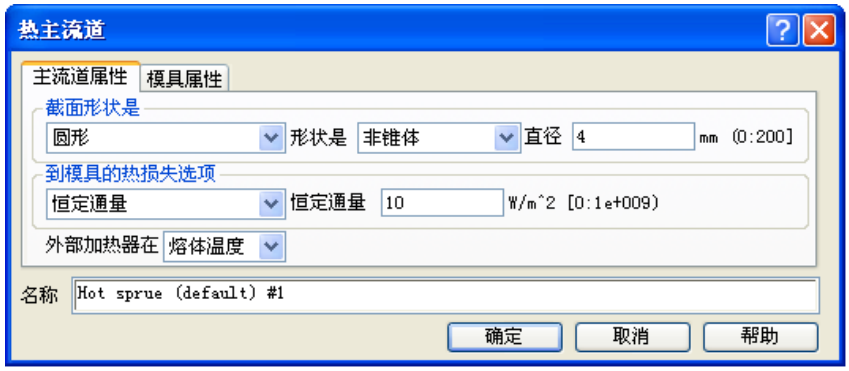


图 6-135　“热主流道”属性设置对话框

② 单击“确定”按钮。

（3）划分流道的杆单元。

① 单击“划分网格”指令按钮，在“全局网格边长”文本框中输入杆单元的边长值 18。

② 单击“立即划分网格”按钮。热主流道创建成功。热浇道创建完成，如图 6-136 所示。

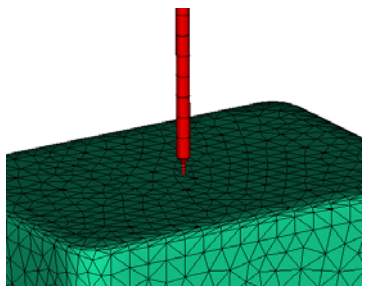


图 6-136　热浇道杆单元

6.8.3 创建流道

建议：大家在复制型腔之前先创建浇注系统的一部分，这样已创建的浇注系统会随着产品模型一起被复制。

1．流道的截面形状

流道和浇口一样，它的截面形状有很多种。不同截面的流道，它们的特性差异很大。接下来将详细讲解流道的创建方法。当一种流道创建后，可以通过直接改变它的截面形状来使它变成另外一种截面形状的流道。

2．圆形流道

流道的截面形状是圆形，用于两板模。

创建方法如下：

1）绘制流道的轴线

以浇口末端的端点为起始点建立流道的轴线，如图 6-137 所示。确定轴线长度时应以排穴的距离为准。

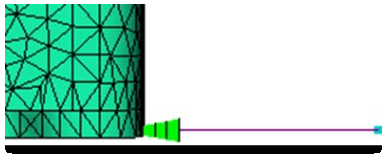


图 6-137　冷浇道轴线



图 6-138　“指定属性”对话框——冷流道

2）赋予轴线冷流道的属性

（1）选中轴线，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在随后出现的对话框中选择“是”指令。

（2）出现“指定属性”对话框，如图 6-138 所示。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“冷流道”指令。

（3）出现“冷流道”属性设置对话框，如图 6-139 所示。在流道截面形状下拉列表中选择“圆形”指令，在流道形状控制下拉列表中选择“非锥体”指令，单击“编辑尺寸...”对话框，在“直径”文本框中输入“8”。

（4）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。



图 6-139　“冷流道”属性设置对话框——圆形

3）划分流道的杆单元

（1）单击“划分网格”指令按钮，在“全局网格边长”文本框中输入杆单元的边长 18。

（2）单击“立即划分网格”按钮。圆形流道创建完成，如图 6-140 所示。

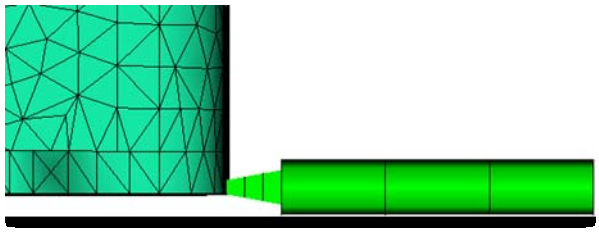


图 6-140　圆形流道杆单元

3．U 形流道

1）创建方法 1

（1）绘制流道的轴线，可参照圆形流道的步骤。

（2）赋予轴线冷流道的属性。

① 可参照圆形流道的步骤。

② 出现“冷流道”属性设置对话框，如图 6-141 所示。在流道截面形状下拉列表中选择“U 形”，在形状控制选项中选择“非锥体”指令，单击“编辑尺寸...”按钮，在“宽度”文本框中输入 U 形流道开口处的宽度“9.42”，在“高度（=直径）”文本框里输入 U 形流道内切圆直径“8”。

③ 单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。



图 6-141　“冷流道” 属性设置对话框——U 形流道

（3）划分流道的杆单元，可参照圆流道的步骤。U 形流道杆单元如图 6-142 所示。

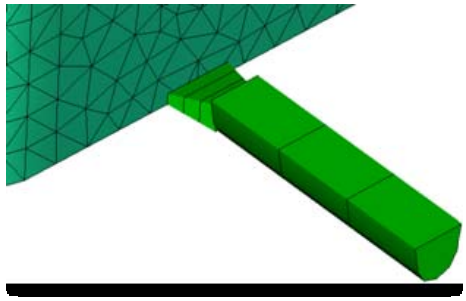


图 6-142　U 形流道杆单元

2）创建方法 2

（1）选择已经完成的圆形流道杆单元，杆单元由绿色变成粉红色。

（2）单击鼠标右键，在指令框下部选择“属性”指令，弹出“冷流道”属性设置对话框。对话框里当前的数据是圆流道的属性。在流道截面形状下拉列表中将 “圆形”改为“U 形”。编辑 “U 形”流道的属性。在形状控制下拉列表中选择“非锥体”指令。单击“编辑尺寸…”按钮，在“宽度”文本框中输入 U 形流道开口处的宽度“9.42”，在“高度（=直径）”文本框里输入 U 形流道内切圆直径“8”。

单击每一个编辑对话框的“确定”按钮，流道截面形状会由圆形改为 U 形。

4．半圆形流道

（1）选择已经完成的圆形流道杆单元，杆单元由绿色变成粉红色。

（2）单击鼠标右键，在指令框下部选择“属性”指令，弹出“冷流道属性”设置对话框。对话框里当前的数据是圆流道的属性。如图 6-143 所示，在流道截面形状下拉列表中将 “圆形”改为“半圆形”。编辑“半圆形”流道的属性。在形状控制选项中选择“非锥体”指令。单击“编辑尺寸…”按钮，在“直径”文本框中输入半圆形流道的直径“8”，在“高度”文本框里输入半圆形流道的高度“4”。

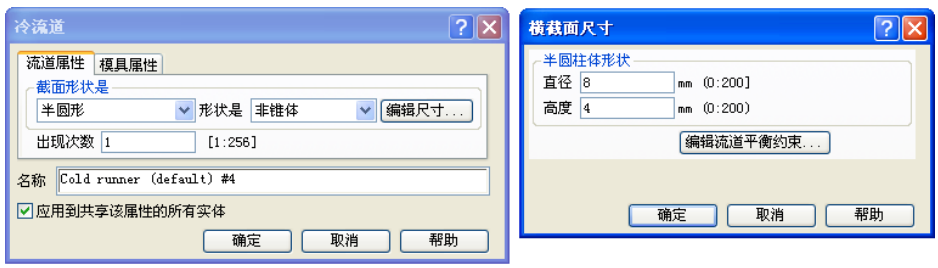


图 6-143　“冷流道” 属性设置对话框

（3）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮，流道截面形状会由圆形改为半圆形，如图 6-144 所示。

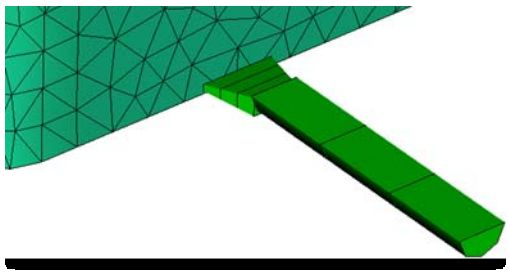


图 6-144　半圆形流道杆单元

5．梯形流道

（1）选择已经完成的圆形流道杆单元，杆单元由绿色变成粉红色。

（2）单击鼠标右键，在指令框下部选择“属性”指令，弹出“冷流道”属性设置对话框。对话框里当前的数据是圆流道的属性。如图 6-145 所示，在流道截面形状下拉列表中将 “圆形”改为“梯形”。编辑“梯形”流道的属性。在形状控制选项中选择“非锥体”指令。单击“编辑尺寸…”按扭，在“顶部宽度”文本框中输入梯形流道的顶部宽度“9”，在“底部宽度”文本框中输入梯形流道的底部宽度“7”，在“高度”文本框里输入梯形流道的内切圆直径“8”。

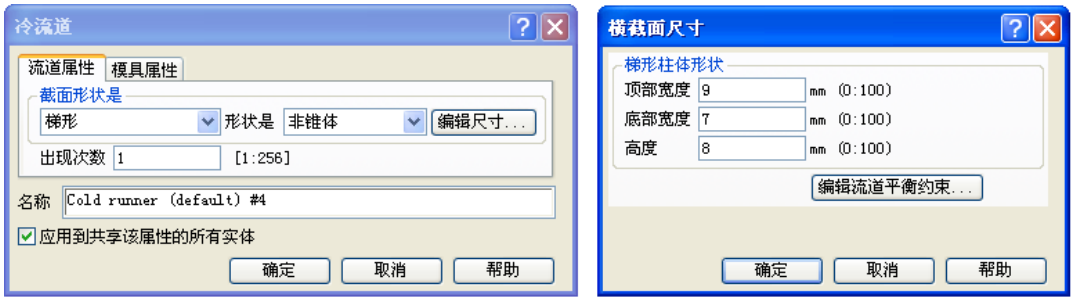


图 6-145　“冷流道”属性设置对话框——梯形

（3）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮，流道截面形状会由圆形改为梯形，如图 6-146 所示。

（4）通过以上方法还可以快速地创建出“矩形浇口”和其他截面形状的浇口。

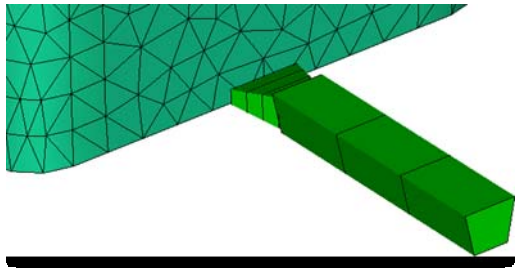


图 6-146　梯形流道杆单元

6.8.4　分流道的形状

根据模穴数和实际需求，分流道的形状可以排成“工”字形和“S” 形等。我们以四穴

为例排布流道。

1.“工”字形分流道

（1）创建图 6-147 所示的分流道。

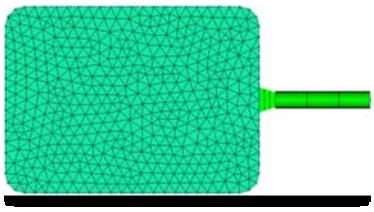


图 6-147　模型上的分流道

（2）将所有的层都打开，保证所有的实体都处于显示状态。

（3）按“Ctrl”+“A”选中所有实体。

（4）选择“建模”菜单中“旋转”指令，选中实体的序号已经显示在文本框里。指定 *z* 轴为旋转轴，设定旋转角度为“180”，旋转参照点为以上建立的分流道的末端节点，勾选“复制”选项，单击“应用”按钮，得到旋转复制实体，如图 6-148 所示。

（5）将“旋转”指令切换到“平移”指令。按“Ctrl”+“A”选中所有实体，选中实体的序号已经显示在文本框里。在“平移矢量”文本框里输入平移的坐标（0 -130），勾选“复制”选项。单击“应用”按钮，得到平移复制实体，如图 6-149 所示。

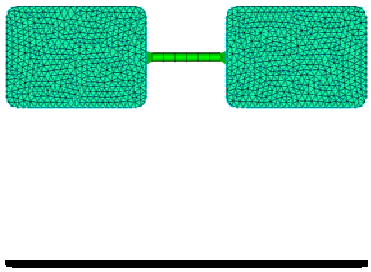


图 6-148　旋转复制实体

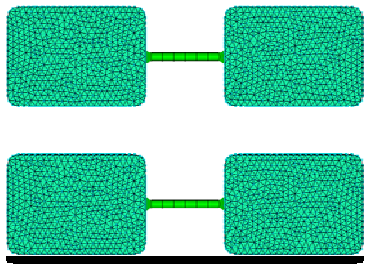


图 6-149　平移复制实体

（6）创建模穴的中心。关掉杆单元所在的层，只显示轴线和节点。切换到“创建节点”指令“中间节点”选项，选择两条分流道的中点，生成四模穴的中心点。切换到“创建曲线”指令“创建直线”选项，先选择第一个分流道的中点，再选择模穴中心点，单击“应用”按钮，最后直接选择第二个分流道的中点，如图 6-150 所示。系统默认以上一条曲线的终点作为下一条曲线的始点。

（7）赋予新创建的轴线冷流道的属性并划分网格，“工”字形流道创建成功，如图 6-151 所示。

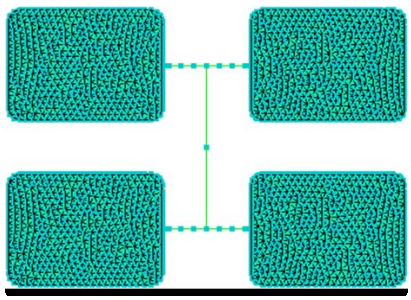


图 6-150　主分流道的轴线

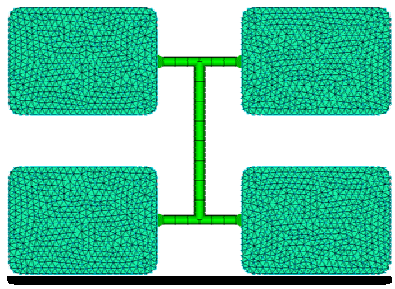


图 6-151　“工”字形流道

【注意】　从连接浇口的次分流道起，到连接主流道的主分流道，直径应相应增大。

2．“S”形分流道

（1）打开图 6-147 带分流道的模型。

（2）当分流道为“S”形时，和浇口相连的那段直流道没有“工”字形分流道那么长，所以将模穴上已有的分流道删去，重新绘制轴线，创建分流道，如图 6-152 所示。

（3）依据模穴的中心距离创建模具的中心点，如图 6-153 所示。再由分流道端点和模具中心点引申直线，如图 6-154 所示。

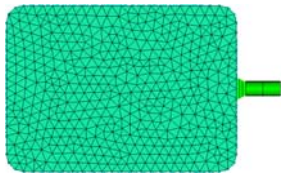


图 6-152　连接浇口的直流道

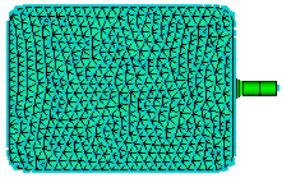


图 6-153　创建模穴的中心

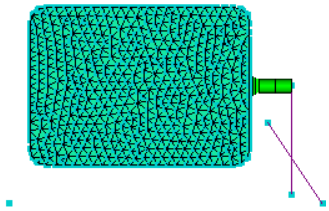
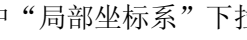


图 6-154　引出两条直线

（4）创建两条分流道轴线的过渡圆弧。按照图 6-155 的方式偏移复制直线，偏移量为垂直距离 20mm。直接偏移分流道引出的直线。由模具中心的引线不能直接偏移生成。选择“建模”下拉菜单栏中“局部坐标系”指令，选择模具中心引线的两个端点确定 *X* 轴，再单击分流道端点确定 *XY* 平面，单击“应用”按钮，产生局部坐标系，颜色为深紫色。选中刚建立的局部坐标系，选择“建模”菜单中“局部坐标系”下拉指令，将它激活，颜色变成鲜红色，如图 6-156 所示。在没有关闭激活的局部坐标系之前，所有的作业均在局部坐标系下完成。按照以往的方式，偏移复制模具中心的引线，偏移量为（0 20）。在局部坐标系中的操作步骤完成后，单击按钮，使它处于非选中状态。

（5）创建圆心。选择“创建节点”下拉菜单中的“交点”指令，分别单击两条偏移生成的相交直线，在它们的相交处生成交点，如图 6-157 所示。

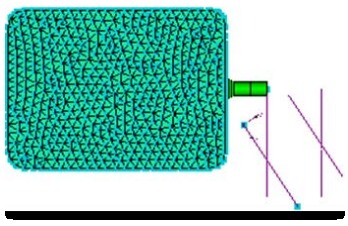


图 6-155　偏移直线

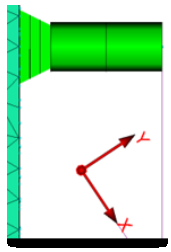


图 6-156　创建局部坐标系

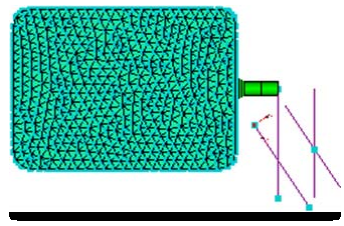
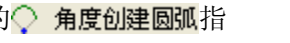
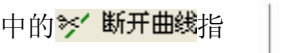


图 6-157　创建圆心

（6）创建两条分流道轴线的相切圆。选择“创建曲线”下拉菜单中的指令，以新生成的交点为圆心，输入半径值“20”，生成两条分流道的相切圆，如图 6-158 所示。

（7）将两条分流道轴线与圆在切点处打断。选择“创建曲线”下拉菜单中的指令，选择相交的两条曲线，单击“应用”按钮。

（8）删除多余的线段，只留分流道的轴线部分，如图 6-159 所示。

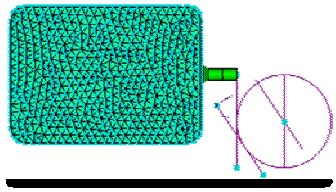


图 6-158　创建相切圆

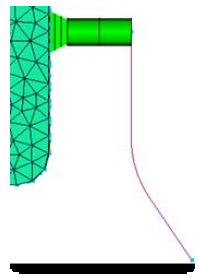


图 6-159　有过渡圆弧的分流道轴线

（9）赋予轴线冷流道的属性。

（10）划分分流道杆单元，如图 6-160 所示。

（11）复制模穴，如图 6-161 所示。

（12）清除不用的节点。选择 清除节点指令，清除那些在建模过程中产生的参照性节点。

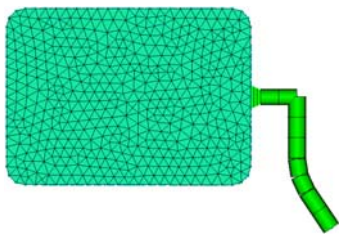


图 6-160　分流道的杆单元

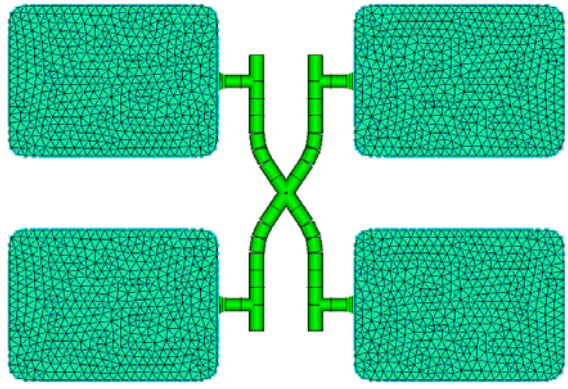


图 6-161　四模穴 S 形流道

6.8.5　创建主流道

主流道是直接连接机台喷嘴的，一般和注口衬套的高度相同。

（1）打开图 6-151 带主流道的模型。

（2）关掉存放杆单元的层，只显示轴线和上面的节点。

（3）选择“创建节点”下拉菜单中的“偏移创建节点”指令，选择模具中心点，在“偏移矢量”文本框里输入（0 0 80），单击“应用”按钮，生成主流道的起始点。

（4）绘制主流道的轴线。选择“创建曲线”下拉菜单中的“创建直线”指令，先选择主流道的起始点作为轴线的起点，再选择模具中心点作为轴线的终点。

（5）赋予轴线主流道的属性。

① 选中轴线，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在随后出现的对话框中选择“是”指令。

② 出现“指定属性”对话框，如图 6-162 所示。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“冷主流道”指令。



图 6-162　“指定属性”对话框

③ 出现“冷主流道”属性设置对话框，如图 6-163 所示。注口衬套是标准件，最好采用角度控制它的尺寸。在主流道外形控制下拉列表中选择“锥体（由角度）”指令，单击“编辑尺寸...”按钮，在“始端直径”文本框中输入浇口的尺寸“3.5”，具体尺寸值视它的规格而定。在“锥体角度”文本框输入浇口的单边角度“2.5”， 角度值可以根据衬套高度和需要的分流道的尺寸灵活改动。

④ 单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

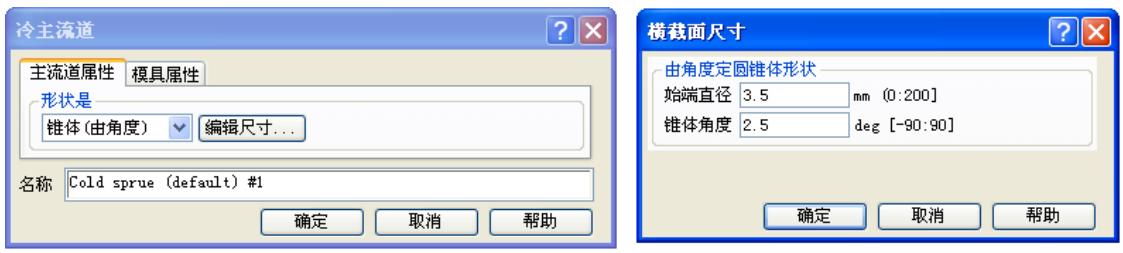


图 6-163　“冷主流道”属性设置对话框——冷主流道

（6）划分浇口的杆单元。

① 单击“划分网格”指令按钮，在“全局网格边长”文本框中输入杆单元的边长值 15。

【注意】　对于有锥度的杆单元，边长值应同时照顾到锥体的最小端直径和最大端直径。

② 单击“立即划分网格”按钮。直接浇口创建成功，如图 6-164 所示。

【注意】　主流道最下端的尺寸应比与之相连的分流道最少大 0.5mm。

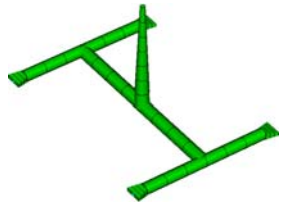


图 6-164　主流道杆单元

6.8.6 创建完整的浇注系统

完整的浇注系统包括浇口、流道、冷料井和主流道，其中冷料井的属性和创建方法与冷流道相同。下面来排布几种典型浇注系统。

为了快速讲述一般浇注系统的创建方法，现将“新三角形”和“STL”关掉，只开启存放杆单元特征的层。

1）打开图 6-151 的模型

（1）参照创建冷流道的方法创建图 6-165 所示的冷料井。

（2）平移复制分流道。选择菜单栏上“建模”下拉菜单中“移动/复制”指令，选择“平移”指令。按住“Ctrl”+“A”键，选中屏幕上显示的所有实体。在“矢量”文本框里输入（200 0 0），单击“应用”按钮，成功复制分流道，如图 6-166 所示。

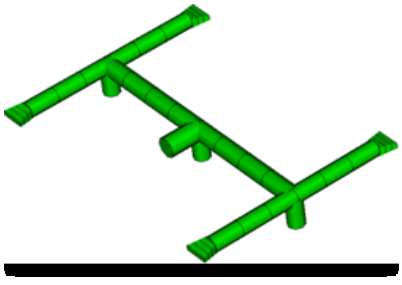


图 6-165　创建冷料井杆单元（一）

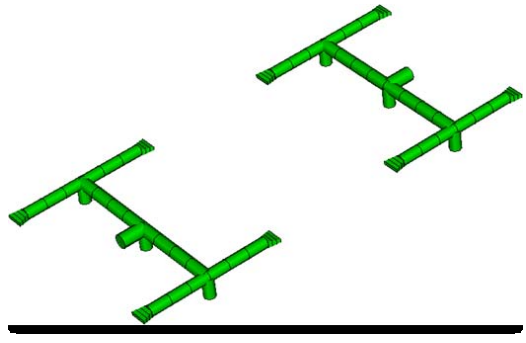


图 6-166　复制分流道（一）

（3）创建模具中心点。选择菜单栏上“建模”下拉菜单中“创建节点”指令，选择“坐标中间创建节点”指令。选择分流道的中心节点，单击“应用”按钮，创建模具中心点如图 6-167 所示。

（4）绘制主分流道轴线并划分杆单元，如图 6-168 所示。

（5）绘制主流道轴线并划分杆单元，如图 6-169 所示。

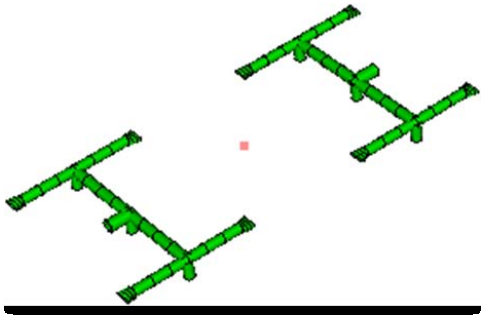


图 6-167　创建模具中心点（一）

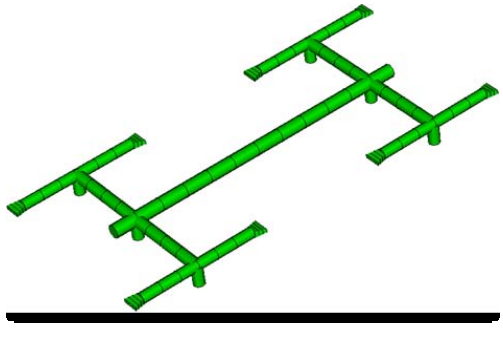


图 6-168　创建主分流道杆单元（一）

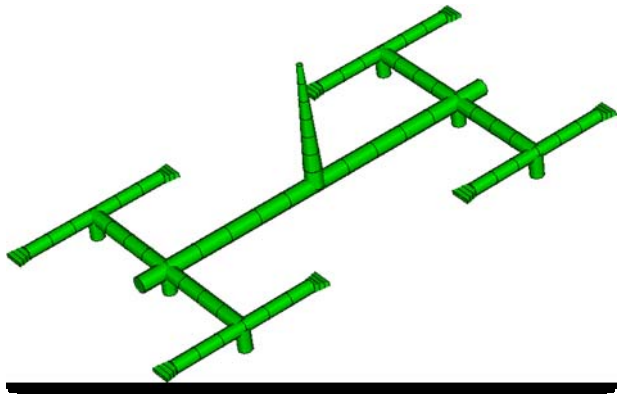


图 6-169　主流道杆单元（一）

（6）绘制冷料井轴线并划分杆单元。完整的浇注系统如图 6-169 所示。

2）打开图 6-161 的模型

（1）参照创建冷流道的方法创建图 6-170 所示的冷料井。

（2）平移复制分流道。选择菜单栏上“建模”下拉菜单中“移动/复制”指令，选择“平移”指令。按住“Ctrl”+“A”键，选中屏幕上显示的所有实体。在“矢量”文本框里输入（200 0 0），单击“应用”按钮，成功复制分流道如图 6-171 所示。

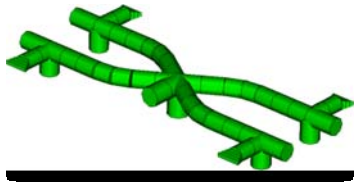


图 6-170　创建冷料井杆单元（二）

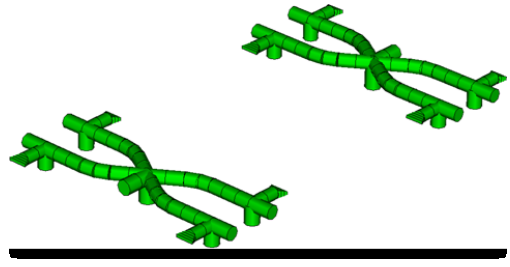


图 6-171　复制分流道（二）

（3）创建模具中心点。选择菜单栏上“建模”下拉菜单中“创建节点”指令，选择“坐标中间创建节点”指令。选择分流道的中心节点，单击“应用”按钮，创建模具中心点如图 6-172 所示。

（4）绘制主分流道轴线并划分杆单元，如图 6-173 所示。

（5）绘制主流道轴线并划分杆单元，如图 6-174 所示。

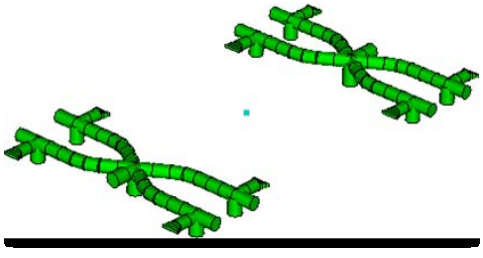


图 6-172　创建模具中心点（二）

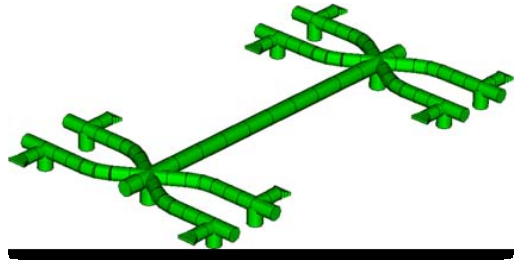


图 6-173　创建主分流道杆单元（二）

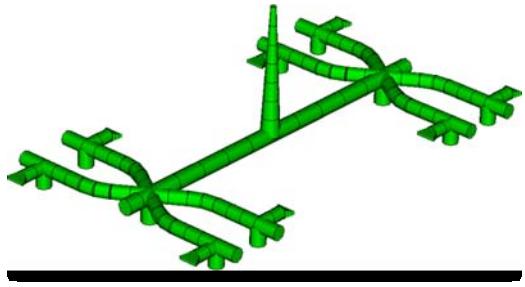


图 6-174　主流道杆单元（二）

（6）绘制冷料井轴线并划分杆单元。完整的浇注系统如图 6-174 所示。

3）模穴按圆形排布

（1）首先创建如图 6-175 所示的分流道系统。



图 6-175　分流道系统

（2）为了快速讲述一般浇注系统的创建方法，现将“新三角形”和“STL”关掉，只开启存放杆单元特征的层。

（3）旋转复制分流道。选择菜单栏上“建模”下拉菜单中“移动/复制”指令，选择“旋转”指令。按住“Ctrl”+“A”键，选中屏幕上显示的所有实体。选择“Z”轴作为选择轴。在“角度”文本框输入“45”。参照点选择分流道的末端端点。单击“应用”按钮，得到模穴按圆形排布如图 6-176 所示。

（4）绘制主流道轴线并划分杆单元，如图 6-177 所示。

（5）绘制冷料井轴线并划分杆单元。完整的浇注系统如图 6-177 所示。

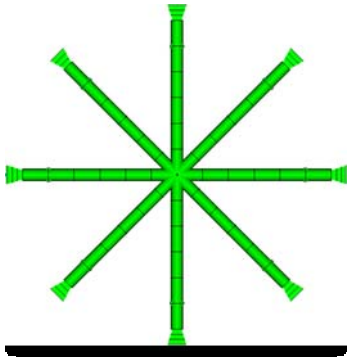


图 6-176　模穴按圆形排布

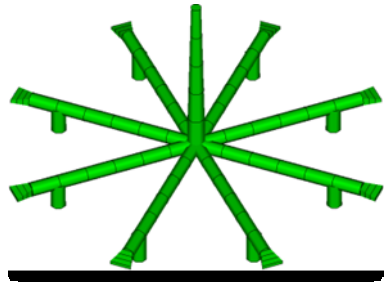


图 6-177　模穴主流道杆单元

6.8.7　型腔复制向导

Moldflow 拥有自动排布型腔的功能，这给用户排布型腔提供了极大的便利。型腔排布完成后，只需对浇注系统稍作调整即可。

（1）选择菜单栏上“建模”下拉菜单中 型腔复制向导(D)指令，弹出“型腔复制向导”对话框，图如 6-178 所示。

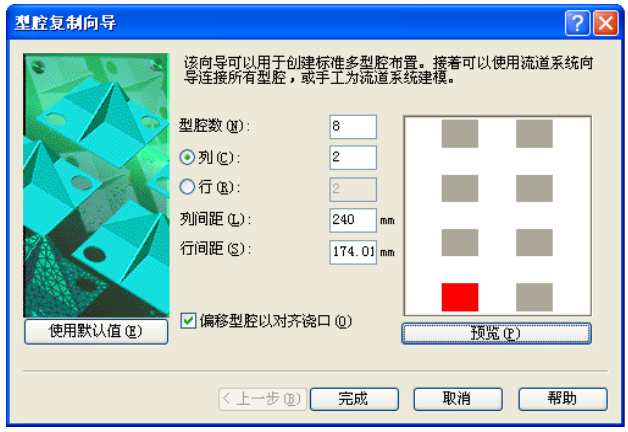


图 6-178　“型腔复制向导”对话框

① 型腔数（N）：输入模穴数。注意模穴数须为偶数。默认的模穴数为 8，可改为实际模穴数。

② 列（C）：控制模穴的列数。默认列数为 2，可改为实际列数。选择“列”控制后，系统会根据输入的模穴数自动确定出行数。

③ 行（R）：控制模穴的行数。默认行数为 2，可改为实际行数。选择“行”控制后，系统会根据输入的模穴数自动确定出列数。

④ 列间距（L）：列距是模穴的中心距在 *x* 向的距离。系统会根据产品的尺寸给出默认列距值，可以根据实际列距值做出更改。如果型腔只有两穴，只需确定列距或行距，选择在 *y* 向排穴， 只需确定“列间距”。

⑤ 行间距（R）：行距是模穴的中心距在 *y* 向的距离。系统会根据产品的尺寸给出默认行距值，可以根据实际行距值做出更改。如果型腔只有两穴，只需确定列距或行距，选择在 *x* 向排穴，只需确定“行间距”。

⑥ 偏移型腔以对齐浇口（O）：当在模型上直接用“设置注射位置”指令设置浇口后，勾选此项，在排穴时系统会偏移型腔，将浇口对齐，如图 6-179 所示；若不勾选此项，系统默认对齐型腔，如图 6-180 所示。如果手动创建浇口，此指令无效，排穴时系统只对齐型腔。

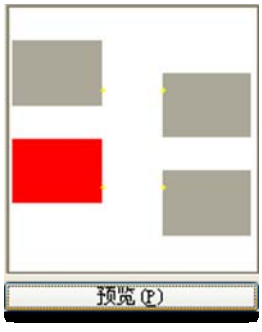


图 6-179　预览效果——对齐浇口

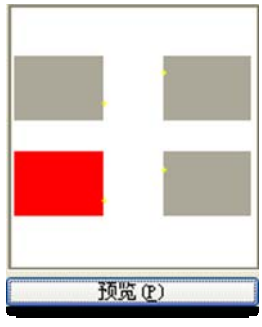


图 6-180　预览效果——对齐型腔

⑦ 预览（P）：输入排穴参数后，单击“预览”按钮，可以查看模穴排布的情况。

⑧ 使用默认值（E）：系统会根据产品尺寸给出默认的排穴参数，如果更改后需要重新应用默认值，可单击此按钮。

（2）单击“预览”按钮，查看型腔排布效果。

（3）单击“完成”按钮，型腔排布如图 6-181、图 6-182 所示。

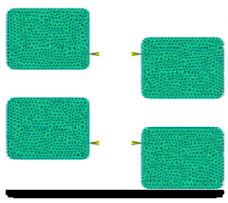


图 6-181　对齐浇口

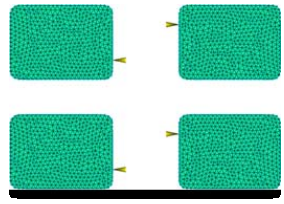


图 6-182　对齐型腔

6.9　检查型腔连通性

创建完浇注系统后，应检查型腔与浇注系统的连通性。在模具上，型腔通过浇注系统处于连通状态，所以在 Moldflow 中，应重点查看型腔之间的连通性。多穴分析时，只要有一个型腔处于未连通状态，分析均无法进行。先清除生成的多余节点。单击“连通性诊断”按钮，出现“连通性诊断”对话框。单击任意实体单元，如节点、三角形或杆单元，单击“显示”按钮，可查看型腔连通性，如图 6-183 所示。连通部分呈蓝色显示（颜色和提示标题一致），未连通部分呈红色显示（颜色和提示标题一致）。不管未连通的部分是杆单元还是型腔，多数情况是因为未连通处没有共享节点，可以采用合并节点的方法消除未连通现象。

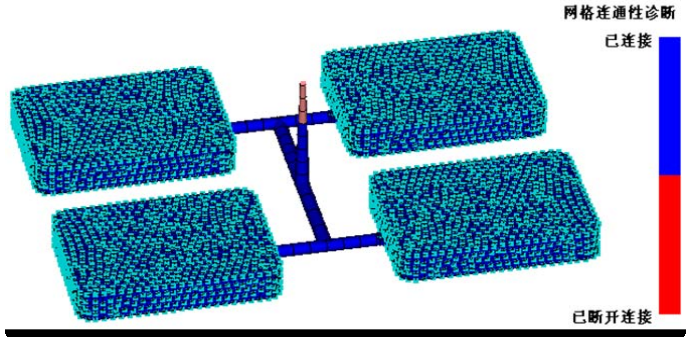


图 6-183　查看型腔连通性

6.10　设置进料点

浇注系统创建完毕后，要在主流道最顶端设置进料点。选择菜单栏“分析”下拉菜单中 设置注射位置(I)指令，鼠标变成十字光标，右上侧带有进料点图标。单击主流道顶端的节点，出现黄色的圆锥体，如图 6-184 所示。在案例浏览区显示进料点的个数。

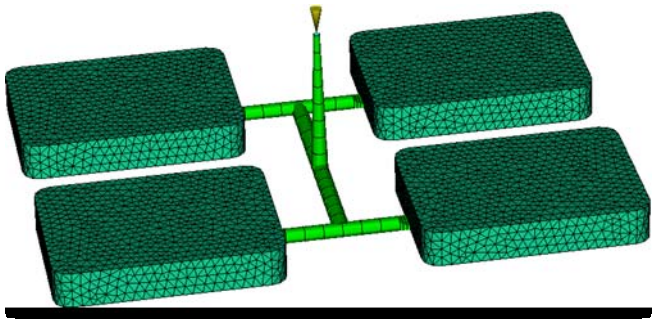


图 6-184　设置进料点

进料点也可以直接设置到产品上。如果需要大致了解一下产品的填充状况，可直接将进料点点到产品上。尤其需要快速查看多点进浇的效果时，可直接将多个进浇点点在适当的位置进行分析，省去创建浇注系统的时间。锥形的进料点没有尺寸的界定，只是作为引入料流的起始点。由于省去了浇注系统，相当于将机台喷嘴直接连接到型腔，分析得出的注射压力和注射时间等结果均与拥有完整的浇注系统的相同产品有明显差异。所以为了得到反映实际注射成型的分析结果，建议大家首先创建出完整的浇注系统，然后再做分析。

本章小结

本章主要讲述了建模指令的应用，为读者在 Moldflow 中快速建模打下坚实的基础。通过丰富和难度适宜的建模实例，使读者灵活掌握并运用建模指令。快速、准确地建模不仅减少分析前的准备时间，还可以迅速实现方案的改动与改善，缩短模流分析周期，提高作业效率。

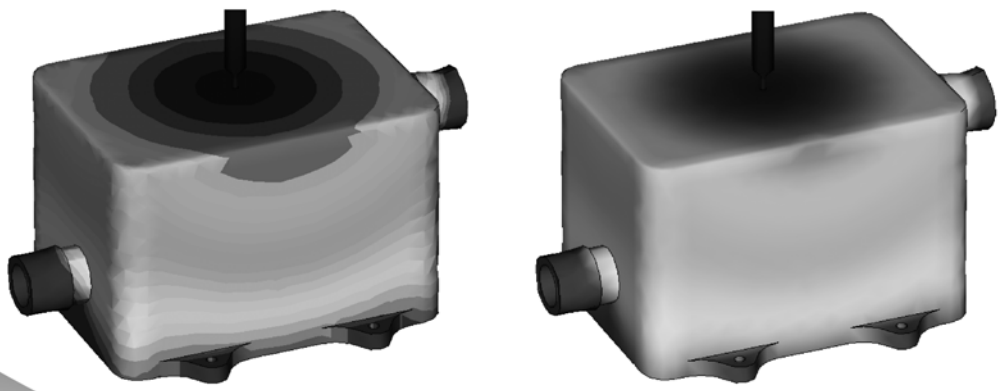
思考与练习

6-1　为什么会出现浇注系统与模型网格不连通的情形？
6-2　常用的浇口类型有哪些？分别有什么优缺点？
6-3　常用的流道类型有哪些？分别有什么优缺点？
6-4　在什么情况下使用点浇口？
6-5　列举热流道的优缺点。

第四篇

进阶案例篇

- 第 7 章　创建冷却系统
- 第 8 章　最佳浇口位置和流道平衡分析实例
- 第 9 章　成型窗口分析实例



4

第 7 章　创建冷却系统

制品冷却通常占成型周期的绝大部分时间，因此控制成型周期提高产能，加快制品冷却是至关重要的。熔融塑胶在高温下被注射入型腔后，需要经历从高温到室温的冷却过程，在这期间熔融塑胶会释放出大量的热。如果熔融塑胶在型腔内自然冷却至顶出温度，会需要一个很长的过程。如果用低于模温的冷却液通过型芯，将型芯的热量带出模具从而加快制品的冷却速度。但对于形状复杂的制品，由于冷却受限和冷却速度不一等因素，制品很容易出现各部特征产生收缩上的差异。不合理的冷却液温度和冷却时间还会影响到内应力的释放，从而影响制品的外观、尺寸精度和力学性能。因此需要在模腔内合理开设冷却管道，加强热量集中部位的冷却，对热量产生少的部位进行缓冷，尽量实现均匀冷却。Moldflow 拥有分析模穴冷却管道冷却效率和冷却效果的功能。

7.1　冷却回路排布向导

Moldflow 拥有自动排布冷却水路的功能，这给用户排布水路提供了极大的方便。水路排布完成后，只需要做一些调整即可。

在排布水路前应查看型腔的布局，以防水路和其他零部件干涉。

（1）旋转模型，使模型的定向与在模具型腔内的定向相同。水路排布向导只能排布位于 *xy* 平面的水路。

（2）选择菜单栏上“建模”下拉菜单中 冷却回路向导(Q)指令，弹出“冷却回路向导”对话框第 1 页，如图 7-1 所示。



图 7-1　“冷却回路向导”对话框第 1 页

① 制品尺寸：分别显示模型在 3 轴向的最大外形尺寸。

② 指定水管直径：输入冷却管道的直径。

③ 水管与制品间距离：输入冷却管道离模型最上端和最下端的距离。

④ 水管与制品排列方法：第一种是冷却管道与 *x* 轴平行，第二种是冷却管道与 *y* 轴平行。

⑤ 使用默认值（D）：系统会根据产品尺寸给出默认的冷却管道设置参数，如果更改后

需要重新应用默认值，可单击此按钮。

（3）单击“下一步”按钮，进入对话框第 2 页面，如图 7-2 所示。

① 管道数量（N）：输入管道的数量。公母模侧的冷却管道数量可能并不相同，这时可以考虑优先排布利用向导就可以完成雏形的那一侧的水路，另外一侧再通过手动进行调整。

② 管道中心之间的间距（D）：输入管道之间的距离。

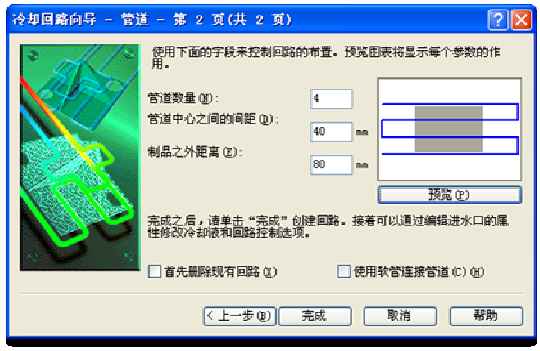


图 7-2　“冷却回路向导”对话框第 2 页

③ 制品之外距离（E）：冷却管道向产品外延伸的距离，由模侧的尺寸和模板的尺寸决定。

④ 预览（P）：预览冷却管道在设定的参数下排布的效果，如图 7-3 和图 7-4 所示。



图 7-3　冷却管道与 *X* 轴平行

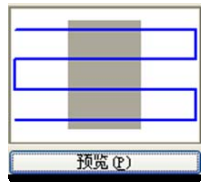


图 7-4　冷却管道与 *Y* 轴平行

⑤ 首先删除现有回路（X）：冷却水路向导可以自动确定模具的中心位置，既可以用于创建雏形水路，也可以辅助性地创建某一区域的水路。在使用冷却水路向导时，勾选此选项会保留以前创建的水路，不勾选此选项会删除以前创建的水路，只保留本次创建的水路。辅助创建水路时一定不要勾选此选项。

⑥ 使用软管连接管道（C）（H）：用软管将水路末端连接起来，只用于串联水路。软管是另外一种杆单元，单独创建时需要赋予属性。

（4）单击“完成”按钮，形成水路如图 7-5 和图 7-6 所示。

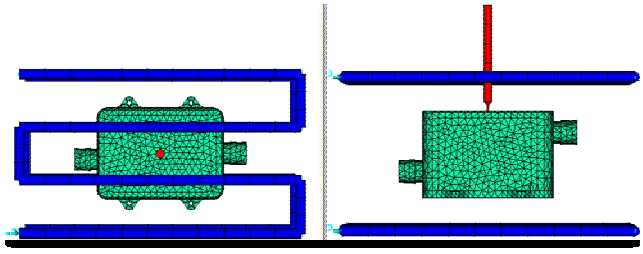


图 7-5　与 *X* 轴平行的水路

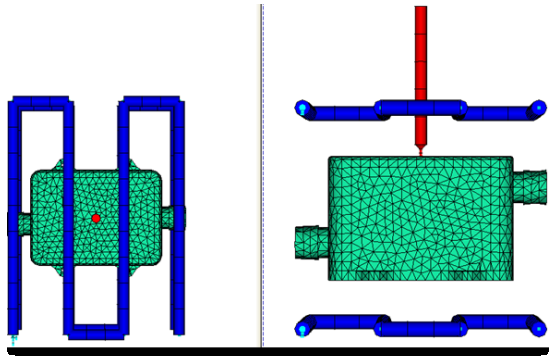


图 7-6　与 *Y* 轴平行的水路

利用“冷却回路向导”创建的水路会被系统自动归入水路层中，母模侧和公模侧水路分别放入不同的层中，方便以后的编辑工作。由向导排布出的结果可以看出，在 Moldflow 中，只需创建出有效的冷却液流经途径皆可，冷却液不通过的钻孔部分不需要表现出来。

7.2　隔板式水路和喷泉式水路

隔板式水路和喷泉式水路用于模具上难以排布普通水路的部位，和用普通水路冷却效果差的部位，尤其适用于制品上深腔部位的冷却（如脸盆、桶等）。

7.2.1　隔板式水路

隔板式水路是在模仁上的水孔内插入金属片，将水孔分为两个半圆柱体的形状。金属隔板到水孔的顶部应至少留有 1/2 水孔直径的空隙，冷却液由一侧流进，经过金属片上方的空隙，由另一侧流出。冷却液在足够的压力下以一定的速度流经隔板时，被隔板打乱为紊流，从而提高了热传递效率，达到良好的冷却效果。

创建方法如下：

（1）选择“创建曲线”下拉框中“创建直线”指令，先创建普通冷却管道进水端的轴线 P2P4。

（2）以 P2 为起点创建隔板进水侧路径轴线 P1P2。注意 P1P2 的垂直距离为隔板的高度。

（3）以 P1 为起点创建隔板出水侧路径轴线 P1P3。为了区别进水管道和出水管道，最好将 P2 和 P3 隔开一小段距离（不必太大，能够区别开来即可），方便编辑轴线的属性。在下面的示例中，为了演示清楚，故将 P2 和 P3 的距离加大。当然也可以将 P2 和 P3 叠加到一块儿。

（4）以 P3 为起点创建普通冷却管道出水端的轴线 P3P5，如图 7-7 所示。

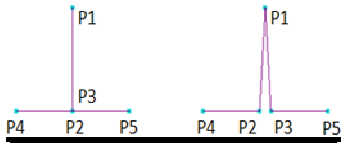


图 7-7　隔板式水路轴线排布



图 7-8　“指定属性”对话框——管道

（5）同时选中轴线 P2P4 和轴线 P3P5，单击右键选择“属性”指令，在“分配新属性？”对话框内选择“是”指令，在“指定属性”对话框中单击“新建”按钮，赋予它们“管道”的属性，如图 7-8 所示。

（6）编辑管道的属性。弹出“管道”属性对话框，如图 7-9 所示。在“管道表面属性”选项中编辑管道的属性。在管道“截面形状”选项栏选择“圆形”指令，在右侧“直径”文本框里输入管道的直径“10”，“管道热传导系数”选择默认值。“管道粗糙度”可以根据实际钢材的粗糙度进行填写。在“名称”文本框里给正在创建的管道输入相应的名称。单击“模具属性”按钮，选择钢材材质。系统默认的情况是使用标准参数，用户也可以选择其他模具钢材质，如 P20 或其他材质，并可以通过“编辑”查看它们的属性参数或进行修改，如图 7-10 所示。以上参数也可以采用默认值。



图 7-9　“管道”属性设置对话框——隔板式水路



图 7-10　“模具材料”之“属性”对话框

（7）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

（8）划分管道杆单元，如图 7-11 所示。

（9）选中进水侧路径的轴线 P1P2，赋予轴线隔水板的属性。

① 选中轴线 P1P2，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在“是否赋予新属性”对话框中选择“是”指令。

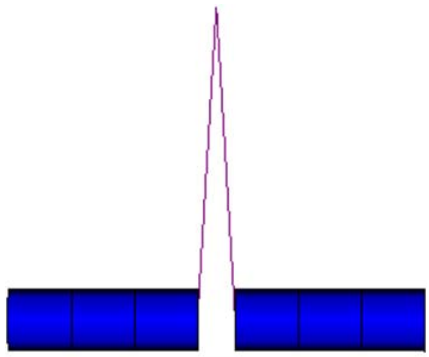


图 7-11　管道杆单元

② 出现“指定属性”对话框，如图 7-12 所示。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“隔水板”指令。

（10）出现“隔水板”属性设置对话框，如图 7-13 所示。在“隔水板表面属性”选项中编辑隔水板的属性。在“直径”文本框里输入热浇口直径“18”。在“热传导系数”文本框里输入“0.5”（入水侧和出水侧各占一半）。在“管道粗糙度”文本框中输入孔表面的粗糙度。以上参数也可以采用默认值。单击“模具属性”按钮，选择钢材材质。系统默认的情况是使用标准参数，用户也可以选择其他模具钢材质，如 P20 或其他材质，并可以通过“编辑”查看它们的属性参数或进行修改。



图 7-12　“指定属性”对话框——隔水板



图 7-13　“隔水板”属性设置对话框

（11）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

（12）划分管道杆单元，如图 7-14 所示。隔水板杆单元默认颜色为黄色，区别于普通管道的深蓝色。

（13）选中出水侧路径的轴线 P1P3，赋予轴线隔水板的属性。

① 选中 P1P3，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在“是否赋予新属性”对话框中选择“是”指令。

② 出现“指定属性”对话框，如图 7-12 所示。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“隔水板”指令。

（14）出现“隔水板”属性设置对话框，如图 7-13 所示。在“隔水板表面属性” 选项中编辑隔水板的属性。在“直径”文本框里输入热浇口直径“18”。在“热传导系数”文本框里输入“0.5”（入水侧和出水侧各占一半）。在“管道粗糙度”文本框中输入孔表面的粗糙度。以上参数也可以采用默认值。单击“模具属性”按钮，选择钢材材质。

（15）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

（16）划分管道杆单元，如图 7-15 所示。完整的隔水板杆单元如图 7-16 所示。

【注意】 在 Moldflow 里，如果隔板水路离产品很近，这时应保证隔水板杆单元最顶端离产品最少为一个隔水板直径的距离，以留出模具上钻孔的圆锥顶的空间。

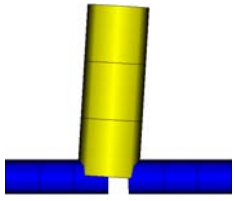


图 7-14　隔水板进水侧杆单元

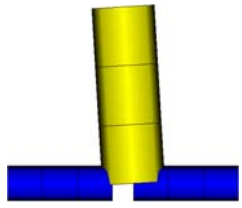


图 7-15　隔水板出水侧杆单元

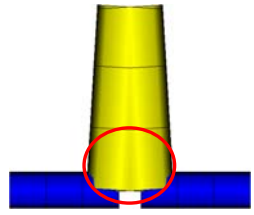


图 7-16　隔水板杆单元

7.2.2　喷泉式水路

喷泉式水路是在模仁上钻出一个盲孔，然后再将一段直径小些的管通入孔中，形成两个同心孔。内置管离孔的顶部应至少留有 1/2 孔直径的空隙。内置管为进水路径，管和孔之间的圆环空间为出水路径。冷却液先由冷却管道流入内置管里，在管的顶部流入管和孔之间的圆环空间，如喷泉一般，最后汇合于冷却管道中流出，如图 7-17 所示。

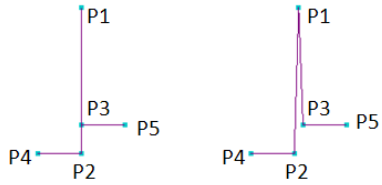


图 7-17　喷泉式水路轴线排布

创建方法如下：

（1）选择“创建曲线”下拉框中“创建直线”指令，先创建普通冷却管道进水端的轴线 P2P4。

（2）以 P2 为起点创建内置管的轴线，也就是进水侧路径 P1P2。注意 P1P2 的垂直距离为管的高度，所以 P1 点距孔顶的距离不应少于 1/2 孔径，这样进水才能顺利通过内置管的顶部流到外环里。

（3）以 P1 为起点创建孔的轴线，也就是外环出水侧路径 P1P3。为了区别内置管和外环，

最好将 P2 和 P3 隔开一小段距离（不必太大，能够区别开来即可），方便编辑轴线的属性。在下面的示例中，为了演示清楚，故将 P2 和 P3 的距离加大。当然也可以将轴线 P1P2 和轴线 P1P3 叠加到一块儿。

（4）以 P3 为起点创建普通冷却管道出水端的轴线 P3P5。

（5）同时选中 P2P4 和 P3P5，赋予它们“管道”的属性，创建普通冷却水路，如图 7-18 所示。

（6）选中内径，也就是内置管的轴线 P1P2，赋予轴线“管道”的属性。

① 选中 P1P2，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在“是否赋予新属性”对话框中选择“是”指令。

② 出现“指定属性”对话框。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“管道”指令。

（7）出现“管道”属性设置对话框，如图 7-19 所示。在“管道表面属性”选项中编辑管道的属性。在“直径”文本框里输入热浇口直径“10”。在“管道热传导系数”文本框里输入“1”（管在孔的内部，未与模壁接触）。在“管道粗糙度”文本框中输入管表面的粗糙度“0.05”。

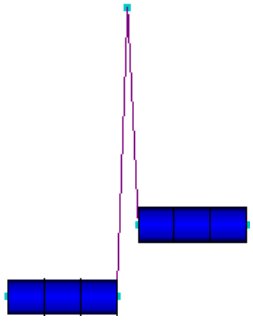


图 7-18　内置管道杆单元



图 7-19　“管道”属性设置对话框——喷泉式水路

（8）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

（9）划分管道杆单元，如图 7-20 所示。

（10）选中外径，也就是孔的轴线 P1P3，赋予轴线“喷水管”的属性。

① 选中 P1P2，轴线由深紫色变为粉红色。单击右键，在指令框中选择“属性”指令，在“是否赋予新属性”对话框中选择“是”指令。

② 出现“指定属性”对话框，如图 7-21 所示。单击“新建”按钮，在出现的下拉菜单中选择“喷水管”指令。

（11）出现“喷水管”属性设置对话框，如图 7-22 所示。在“喷水管表面属性” 选项中编辑喷水管的属性。在“环形形状”栏中分别输入内置管与孔之间圆环的外径和内径。管的直径与孔的直径比大约为 0.707 时较为适宜，圆环的内径可以等于或稍大于管的直径，所以圆环的内、外径之比接近于 0.707。在 “热传导系数”文本框里输入“1”（完全与模壁接触）。在“管道粗糙度”文本框中输入孔表面的粗糙度。单击“模具属性”按钮，选择钢材材质。

（12）单击每一个编辑对话框的“确定”按钮。

（13）划分喷水管杆单元，如图 7-23 所示。系统默认的喷水管的颜色为橙色，有别于隔板的黄色和普通管道的深蓝色。完整的喷水管杆单元如图 7-24 所示。

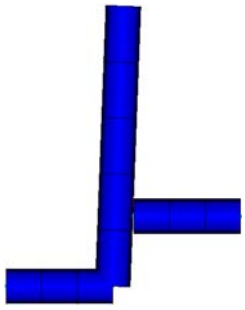


图 7-20　内管杆单元



图 7-21　“指定属性”对话框——喷水管



图 7-22　“喷水管”属性设置对话框

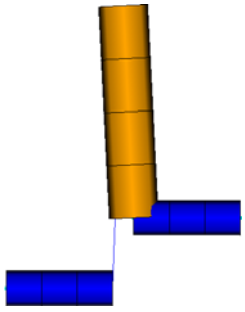


图 7-23　喷水管杆单元

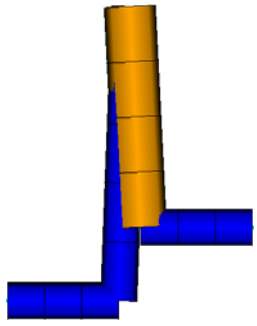


图 7-24　完整的喷水管杆单元

不同造型的产品，运水的排布也不相同。为了达到最佳的冷却效果，会根据每个产品的特点和所用的成型机构排出水路。下面介绍两种典型的水路排布方法。

7.3　箱类制品

箱类制品的外部可以用一般的水路进行冷却，成型深腔的型芯很难按一般的方法打水路，

而且很难组立。为了提高冷却效率，可采用隔水板或喷泉式水路进行冷却，如图 7-25 所示。

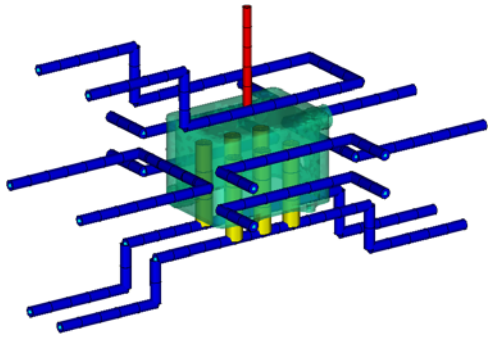


图 7-25　箱体的冷却水路排布

7.3.1　创建母模侧水路

1）创建冷却产品顶部的水路

单击“建模”下拉菜单中“冷却回路向导”指令，在对话框内进行如下设置：

指定水管直径：10。

水管与制品间距离：20。

水管与制品排列方法：与 *x* 轴平行。

管道数量：2。

管道中心之间的间距：75。

制品之外距离：10。

首先删除现有回路：不勾选。

单击“完成”按钮，排布效果如图 7-26 所示。

冷却管道末端的显蓝色标示是入水口，向导生成的水路回路会被自动设置为入水口，并赋予默认的冷却液属性。默认的冷却液类型是水，温度为 25℃。单击入水口，单击右键，选择“属性”指令，查看默认的冷却液属性。删除默认的入水口，手动改进母模侧的水路，如图 7-27 所示。

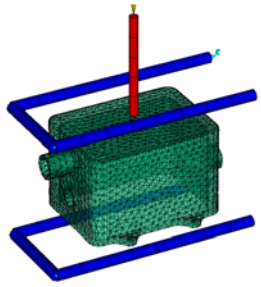


图 7-26　水路排布

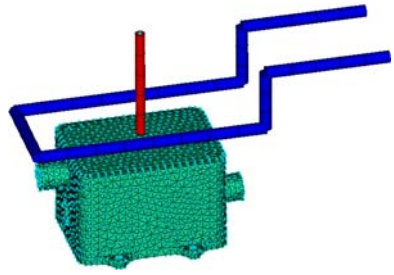


图 7-27　母模侧水路

2）创建冷却产品侧壁的水路

隐藏先前创建的水路。选择“建模”下拉菜单中“冷却回路向导”指令，在对话框内进行如下设置：

指定水管直径：10。

水管与制品间距离：20（注意水管中心与制品之间的距离不能小于 0）。

水管与制品排列方法：与 *x* 轴平行。

管道数量：2。

管道中心之间的间距：120。

制品之外距离：-15。

首先删除现有回路：不勾选。

单击“完成”按钮，排布效果如图 7-28 所示。

删除不需要的部分，只保留一段水路，如图 7-29 所示。平移水路，目标位置如图 7-30 所示。

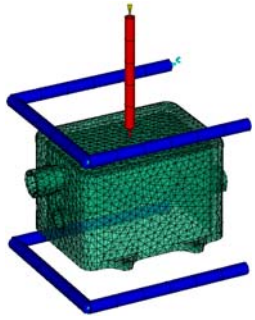


图 7-28　创建水路

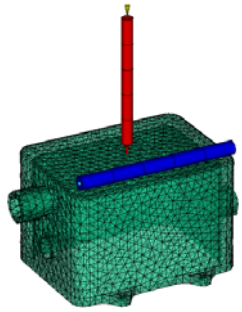


图 7-29　保留的一段水路

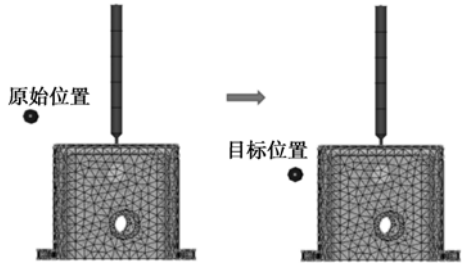


图 7-30　水路移动前和移动后位置对比

手动改进母模侧的水路，如图 7-31 所示。通过平移复制完成同侧水路的创建，再通过旋转复制（本例旋转中心点为主流道上任一节点）完成对面侧水路的创建，如图 7-32 所示。

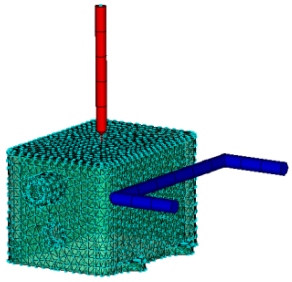


图 7-31　手动改进后的水路

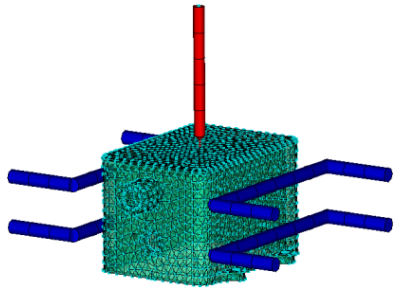


图 7-32　复制水路

参照以上步骤创建另外两侧的水路。建议优先利用向导创建出水路雏形，删除不用的部

分，并进行平移调整位置，如图 7-33 所示。手动改进母模侧的水路，如图 7-34 所示。

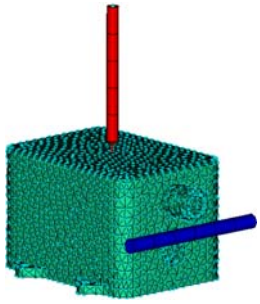


图 7-33　保留的一段水路

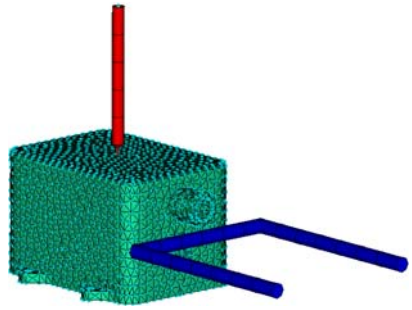


图 7-34　手动改进后水路

通过旋转复制（本例旋转中心点为主流道上任一节点）完成对面侧水路的创建。由于产品两侧特征并非完全对称，所以还需对复制到另一侧的水路进行位置上的调整，如图 7-35 和图 7-36 所示。

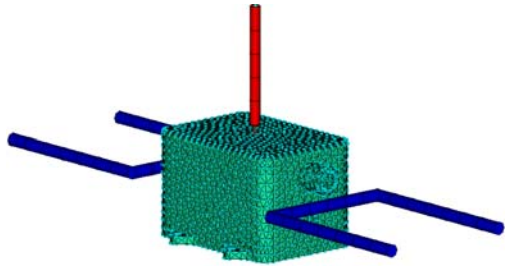


图 7-35　复制到另一侧的水路

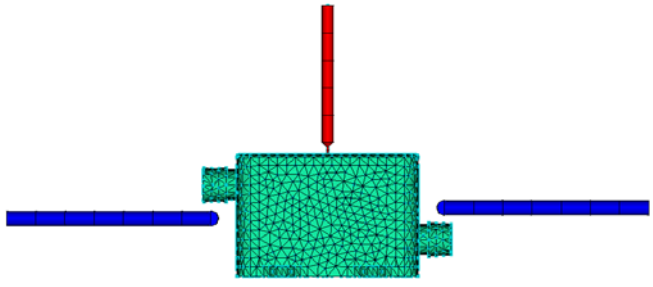


图 7-36　调整水路位置

7.3.2　创建公模侧水路

产品的腔内采用隔水板冷却。注意金属隔板与孔顶至少应留出 1/2 孔径的距离，金属隔板与产品至少应留出一个孔径的距离。首先测量腔的深度和长度，确定出隔板的高度和数量。本例产品的腔深为 47mm，长度为 108mm，宽度为 75mm。由此可以得到金属隔板的尺寸和排布方式如下：

直径：15mm。

高度：75mm。

隔板顶部距产品腔底的距离：20mm。

在长度方向上排布个数：3 个，间距为 30mm。

在宽度方向上排布个数：两排，间距为 45mm。

由以上数据先创建第一个隔板的顶点节点，做出隔板的轴线和孔的轴线，如图 7-37 所示。再按照上面的数据将轴线进行平移复制，如图 7-38 所示。手动创建连接隔板水路的普通水路，如图 7-39 所示。

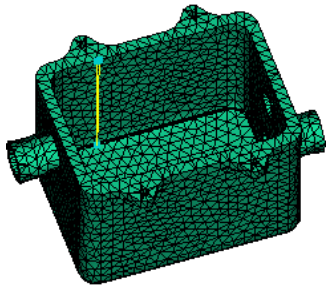


图 7-37　隔板的轴线

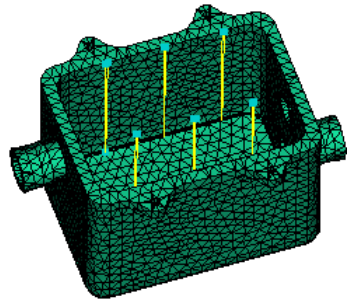


图 7-38　复制隔板轴线

选中六条进水路径，也就是隔板的轴线，赋予它们“隔水板”的属性并划分网格。选中另外六条出水路径，也就是孔的轴线，赋予它们和进水路径相同的属性并划分网格，如图 7-40 所示。单击隔板水路的杆单元，被点中的那一侧杆单元呈粉红色，另外一侧仍然是黄色。

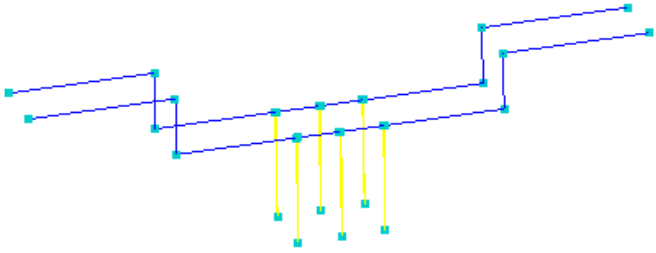


图 7-39　手动创建公模侧水路轴线

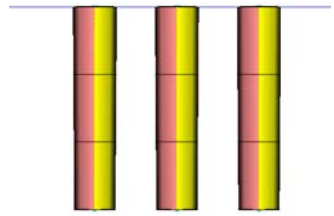


图 7-40　隔板水路杆单元

选中普通冷却管道的轴线，赋予它们“管道”的属性并划分网格。完整的公模侧水路排布如图 7-41 所示。产品的水路排布如图 7-42 所示。

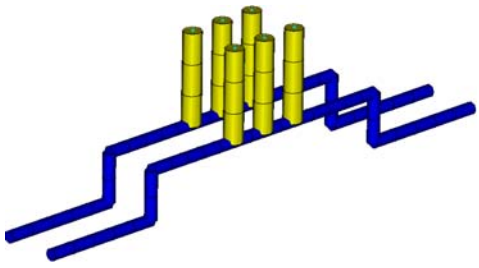


图 7-41　公模侧水路排布图

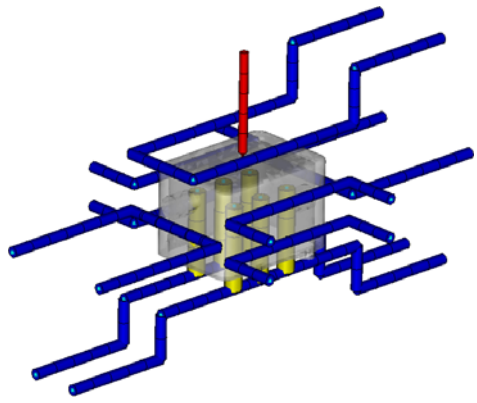


图 7-42　产品的水路排布

7.3.3 其他常用冷却管道排布方法

其他常用冷却管道排布方法如图 7-43 和图 7-44 所示。

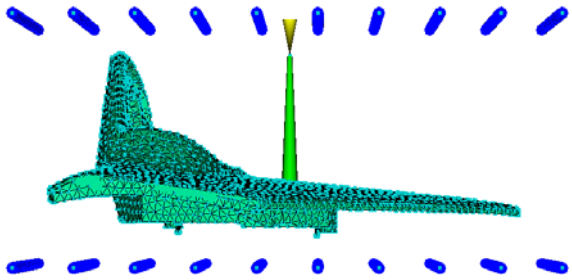


图 7-43 利用向导排布的水路雏形

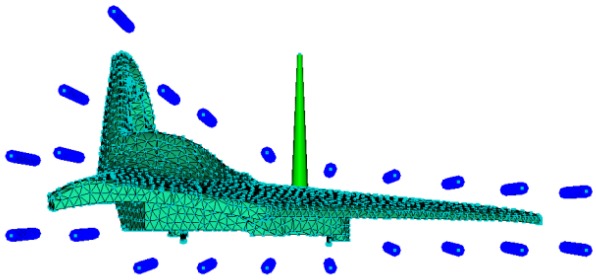


图 7-44 通过偏移复制后的水路排布

7.4 设置冷却液入口

冷却管道创建完毕后，接下来便是设置冷却液入口，也就是赋予冷却液的属性，如冷却液的类型、温度等。一般设置过程如下。

（1）选择菜单栏“分析”下拉菜单中 设置冷却液入口(N)指令，出现“设置 冷却液入口”对话框，如图 7-45 所示。默认的冷却液属性设置有两种。

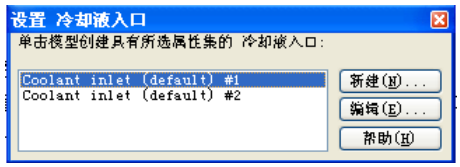


图 7-45 “设置 冷却液入口”对话框

① 新建（N）：新建冷却液属性。用于模具上有多种冷却液类型或多种不同冷却液温度时。

② 编辑（E）：编辑冷却液的属性。

（2）选中文本框里一种冷却液入口名称，单击“编辑”按钮，出现“冷却液入口”属性设置对话框，如图 7-46 所示。



图 7-46　“冷却液入口”属性设置对话框

① 冷却介质：选择冷却液的种类。单击“选择”按钮，选择冷却液，如水冷或油冷。单击“编辑”按钮，查看或更改冷却液的属性。

② 冷却介质控制：在下拉框里选择对冷却液的控制方法。常用的方法是“指定雷诺数”，通过设定雷诺数值控制冷却液的紊流状态。在冷却分析中，系统会根据设定的雷诺数，计算得出需要的冷却液流动速率，使冷却液在流动的过程中保持紊流状态。如果采用纯水作为冷却介质，系统默认的雷诺数为 10000，既可以保证冷却液处于良好的紊流状态，提高热传递效率，又不至于使液压泵消耗过高的能量。

③ 冷却介质入口温度：设置冷却液的温度为常温或其他适宜的温度。

④ 名称：和图 7-45 中文本框里的名称保持一致，可以在这里做出修改。

（3）单击“确定”按钮。

（4）鼠标变成十字光标，单击所有属性相同的冷却管道的入水口。

（5）返回图 7-45 的对话框，编辑其他冷却液的属性，以同样的方式赋予冷却管道入水口，如图 7-47 所示。

【注意】 每一条冷却回路只能有一个入水口。没有入水口的冷却管道是无效的，不计入任务栏“冷却回路”数量里。

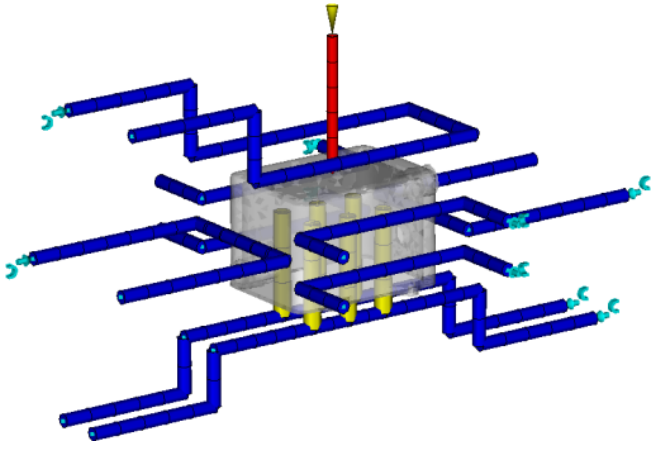


图 7-47　完整的水路

在进行应力和翘曲分析时，经常通过改变冷却液的温度来模拟当冷却液温度不同时对制品成型品质的影响。在以后篇章的实例分析中将就冷却水温改善制品翘曲或应力做出详解。

7.5 模具边界向导

模具边界主要用于冷却分析中，可以使冷却分析得到更好的收敛效果。模具边界并不一定是真实模具外观的再现，但在创建模具边界时，一定要把分析中涉及的元素包含在内，包括产品的模型、浇注系统和冷却系统等特征。

单击“建模”指令，在其下拉菜单中选择“模具表面向导”指令，弹出“模具表面向导”对话框，如图 7-48 所示。模具表面默认以产品中心为原点。如果在实际设计中模具中心偏离产品模型中心，单击激活右侧的偏移矢量文本框，输入在三个轴向的偏移矢量。

在“尺寸”文本框中输入模具边界在三个轴向的尺寸。这三个尺寸均以模具中心点为中点，向正负方向各偏移一半输入值。这里需要注意的是，浇注系统和冷却系统不要延伸出模具边界。当水路尤其是距离型腔较远的水路单元穿过模具边界时，容易导致分析无法收敛。建议先测量一下产品的最大外形尺寸和冷却水路末端间的最大轴向距离，在最大距离值的基础上再加上 50mm 作为模具边界的外形尺寸，如图 7-48 所示。单击“确定”按钮，模具边界创建效果如图 7-49 所示。



图 7-48 “模具表面向导”对话框

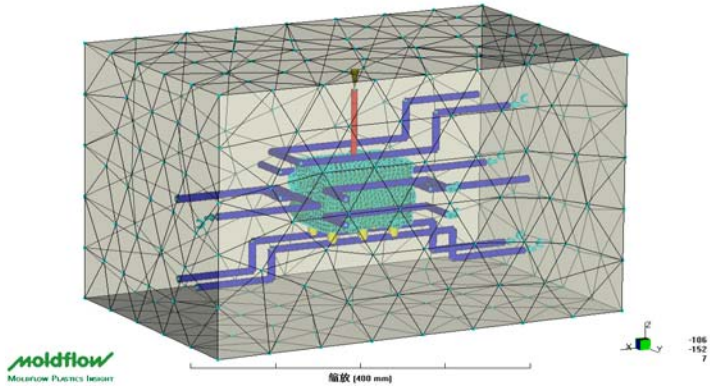


图 7-49 模具边界创建效果

本章小结

本章主要讲述了冷却水路的排布，通过冷却回路创建向导和实例制品相结合分步创建出适用不同制品造型的水路排布。除了普通冷却管道，还详细讲述了隔板式水路和喷泉式水路的用途及创建方法。

思考与练习

7-1　为什么需要创建模具冷却系统？
7-2　隔板式水路和喷泉式水路有什么区别？
7-3　练习创建隔板式水路和喷泉式水路。
7-4　创建箱类制品水路时应注意哪些问题？
7-5　创建模具边界的意义有哪些？

第 8 章　最佳浇口位置和流道平衡分析实例

在 Moldflow 中，系统从产品上进浇点开始分析熔融塑胶在型腔内部的流动行为。熔融塑胶在型腔内的流动形态在很大程度上决定了产品的成型质量。在产品造型和成型材料既定的情况下，合理的进浇位置是决定熔融塑胶在型腔内流动形态的关键因素。如果要成型质量上乘的产品，就必须在产品上选择最佳进浇位置。最佳进浇位置可以保证平衡的流动路径和均衡的压力分布。合理地选择浇口的数量与位置可以使注射压力和保压压力有效传递，达到预期的产品成型效果。

当一副模具同时成型几个形状和尺寸不同的产品时，浇注系统的尺寸就很难控制，容易出现模穴之间填充不平衡、个别型腔过保压、产品残余应力过大等问题。这时可以通过 Moldflow 的“流道平衡”分析功能优化流道的尺寸，保证各个型腔同时完成充填，同时使流道的尺寸最小化，节约塑胶原料成本。

8.1　最佳浇口位置分析

最佳浇口位置分析可以找出产品上最佳进浇位置。如果产品上没有设定进浇点，在给定塑胶材料的情况下，最佳浇口位置分析会产生一个最佳进浇位置；如果产品上已给出一个或几个浇口，在给定塑胶材料的情况下，最佳浇口位置分析会在现有浇口布局下产生一个最佳进浇位置，以满足产品整体充填平衡。如果采用多点进浇，可以依产品的几何形状先在适合的位置确定出一个浇口，再多次利用最佳浇口分析功能依次找出其他可以满足流动平衡的浇口位置。

最佳浇口位置分析设置过程如下：

（1）选择成型工艺。单击案例浏览区“分析”按钮，单击“设置成型工艺”中“热塑性注塑成型”按钮。

（2）选择菜单栏“分析”指令，单击“设置分析顺序”中“最佳浇口位置”按钮，或直接单击案例浏览区“设置分析顺序”指令按钮，在弹出的对话框里选择“最佳浇口位置”选项。

（3）给模型划分网格，如图 8-1 所示。



图 8-1　划分网格

（4）修补模型网格缺陷。

（5）选择案例浏览区“立即分析”指令，弹出“选择分析类型”对话框，系统默认进行完整的分析过程，用户可以根据实际情况选择是否进行“模型参数检验”的分析。单击“确定”按钮，分析正式开始。勾选案例浏览区中“日志”选项，用鼠标将主窗口下边缘向上拖动直到顶部，查看屏幕输出结果。

8.2　最佳浇口位置分析结果解析

勾选“最佳浇口位置”选项，在主窗口显示产品模型。红色区域为最佳进浇位置，相比之下，其他颜色区域进浇合理性均低于红色区域，其中蓝色区域进浇合理性最差，如图 8-2 所示（颜色和提示标题一致）。在案例浏览区单击“工艺”按钮，将主窗口下边缘向上拖动，在屏幕结果输出中查看经系统得出的最佳进浇点，如图 8-3 所示，显示本产品的最佳进浇点在节点 N9560 附近。

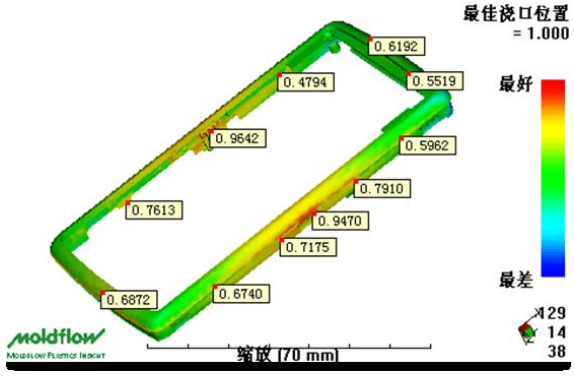


图 8-2　最佳进浇位置显示

```
最大设计锁模力                    =    5688.18 tonne
最大设计注射压力                  =     144.00 MPa
建议的浇口位置有:
   靠近节点                       =        9560
```

图 8-3　最佳进浇点

查看最佳进浇点位置，单击“建模”工具条上“查询实体”按钮，如图 8-4 所示，将最佳进浇点的序号输入“查询实体”文本框，勾选“将结果置于诊断层中”选项，选择“显示”选项。

最佳浇口位置是从熔融塑胶在模具型腔内流动平衡的角度作为分析的出发点，而在设计模具时，既要考虑型腔的填充，又要考虑模具的成型机构。所以有时分析得出的最佳进浇点并不能作为进浇的位置，但却可以对确定浇口位置提供很有价值的参考，尤其是多点进浇时。

案例中产品为边框型，采用一点进浇时注射压力较高，容易造成塑胶分子过度定向，分子过度定向产生的残余应力会加剧产品翘曲。因此本产品采用两点进浇。

首先根据图 8-2 中显示的进浇合理系数结果，在产品上进浇合理系数高的部位确定出第一个浇口所在的位置，位于节点 N1098 上，如图 8-5 所示。

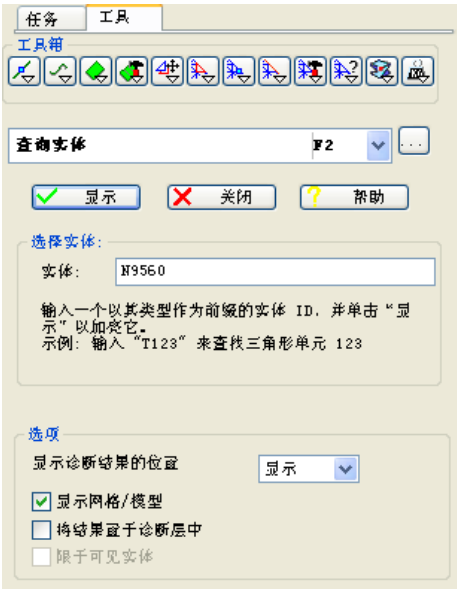


图 8-4　“查询实体”对话框



图 8-5　产品上第一个浇口

再一次利用“最佳浇口位置”分析功能找出第二个浇口所在的最佳位置。分析结果如图 8-6 所示。

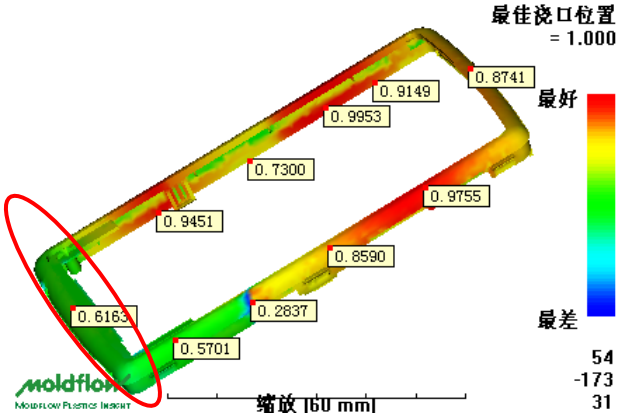


图 8-6　第二个进浇点最佳位置显示

在确定第二个浇口的位置时需从模具成型机构、最佳浇口分析结果、对产品的外观要求等多个因素着手。对产品外观的要求是熔接痕不能出现图 8-6 框住的那一侧短边上，因此在拟订第二个浇口时需要考虑将熔接痕移至两条长边上，即让从两个浇口出发的塑胶流动前沿均在长边上汇合。

先将第二个浇口拟订在产品上进浇合理系数为 0.9953 处附近。设定第二个浇口后再通过“快速充填”分析来查看进浇的平衡性及产品上熔接痕的位置。如果分析结果显示充填不平衡或熔接痕出现在产品两条短边上，则应视分析结果左右移动浇口的位置。最终我们确定两浇口位置，如图 8-7 所示。

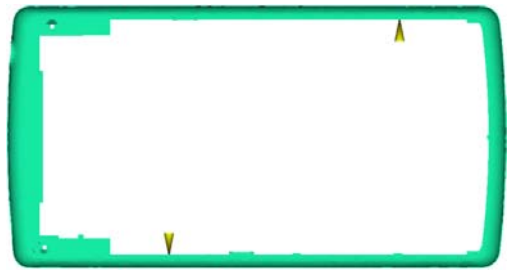


图 8-7　最终浇口位置

查看采用这两个浇口进浇的“快速充填”分析结果。

1）充填时间

从图 8-8 的充填时间“查询结果”可以看出，塑胶流动前沿基本上同时在 0.4s 完成汇合，说明两浇口充填平衡。

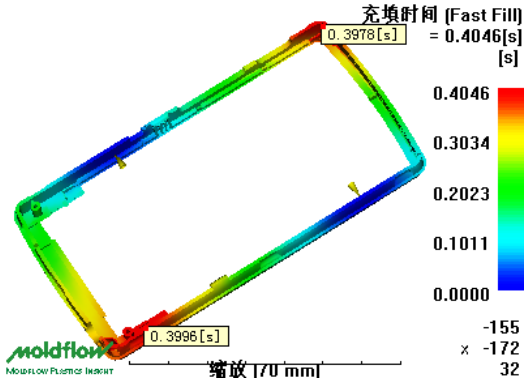


图 8-8　充填时间

2）速度/压力切换时的压力

从图 8-9 可以看出，在速度/压力切换时，塑胶流动前沿的压力值均为 0MPa，说明两浇口填充平衡，未出现过保压现象。

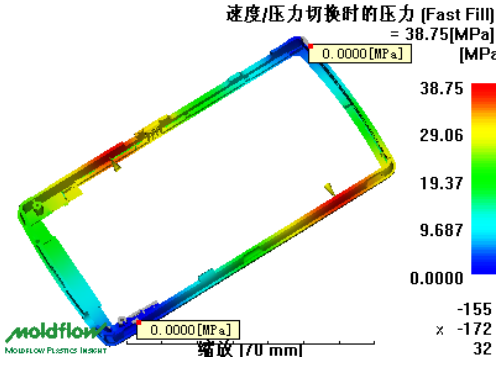


图 8-9　速度/压力切换时的压力

3）熔接痕

从图 8-10 的熔接痕分析结果可以看出，熔接痕没有出现在图 8-6 框住的那一侧短边上。

另一侧短边上的熔接痕出现在拐角处。

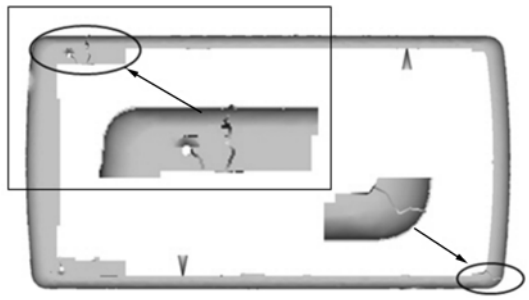


图 8-10　熔接痕

8.3　流道平衡分析

流道平衡分析只能对单浇口产品进行流道尺寸的优化。在前期建立流道时，应保证各模穴不出现短射现象，而且连接不同模穴的流道尺寸应该足够大，这样有助于得出理想的分析效果。

就 1+1 模穴，即一模成型两穴不同产品对流道进行优化分析。在“流道平衡”分析工艺中需要设置“目标充填压力”，当目标充填压力确定后，系统会根据目标压力值计算出在实现充填平衡的前提下不同模腔流道的尺寸。为了得到一个准确的注射压力值，先进行“充填”分析。

充填分析操作如下：

（1）选择成型工艺。单击案例浏览区“分析”按钮，单击“设置成型工艺”中“热塑性注塑成型”按钮。

（2）选择菜单栏“分析”指令，单击“设置分析顺序”中“流动”按钮，或直接单击案例浏览区“设置分析顺序”指令按钮，在弹出的对话框里选择“充填”选项。

（3）cad 档中转出模型。转档时可以将两穴产品同时转出或分两次转出。为了针对产品壁厚确定网格的边长，建议分两次转档。

（4）对两个模型分别划分网格并修补网格缺陷。

（5）首先打开图 8-11 所示的模型，单击“保存”按钮。

（6）选择菜单栏“文件”下拉菜单中添加(D)指令，弹出“选择要添加的模型”对话框，打开保存另一个模型的资料夹，选择0101-m-40064_study.sdy档。单击“打开”按钮。另一模型被成功添加入名为0101-m-40064_Study (copy)的案例中，如图 8-12 所示。注意在项目栏里，每一个案例皆对应一个“.sdy”档，并且操作执行只能在当前活跃案例中进行。利用“添加”指令添加的是整个案例中的所有元素，包括案例中的管理层。所以在添加之前，应先将不必要的元素删除，只留下必需的元素。模型添加后，可对这两个模型的管理层命以不同的名称，方便以后的编辑工作。如果被添加模型在当前窗口中相对于另外一个模型的位置需要调整一下，应先关掉另一个模型的管理层，再按

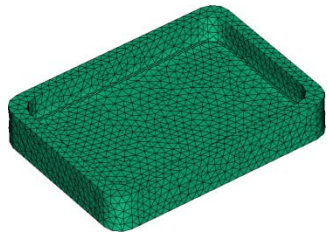


图 8-11　两穴产品之一

常规方法编辑添加的模型。

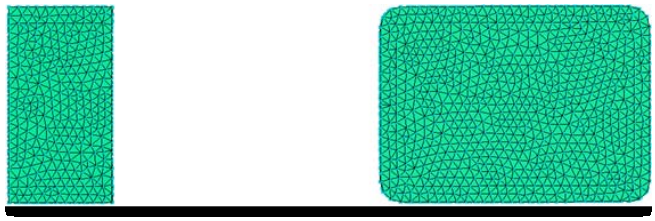


图 8-12　1+1 模穴

（7）分别做出两个产品的浇口和流道。将两穴的流道尺寸都设置成 6.0mm。设置进料点，如图 8-13 所示。

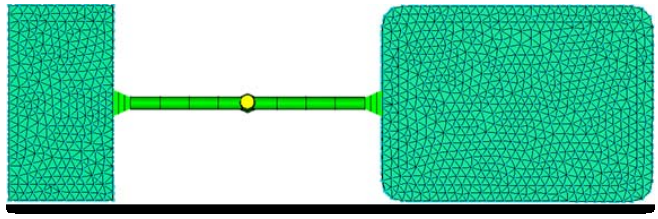


图 8-13　创建浇注系统

（8）设置“流动”分析工艺参数。单击案例浏览区中“流动设置”按钮，弹出“流动设置”对话框，如图 8-14 所示。对于初期的学习者，建议采用系统推荐的最佳模具表面温度和熔体温度，“充填控制”、“保压控制”和“冷却时间”均采用系统默认设置。在“速度/压力切换”方式选项栏选择“由%充填体积”控制，输入转化体积“100”，这样是为了得到一个可以满足充填的注射压力值。单击“确定”按钮。



图 8-14　“流动设置”对话框

（9）开始分析。在案例浏览区里单击“立即分析”按钮。之后弹出“选择分析类型”对话框，系统默认进行完整的分析过程，用户可以根据实际情况选择是否进行“模型参数检验”的分析。单击“确定”按钮，分析正式开始。勾选案例浏览区中“日志”选项，用鼠标将主窗口下边缘向上拖动直到顶部，查看屏幕输出结果。

（10）查看注射压力。在案例浏览区中，单击 结果按钮，弹出“流动”分析结果资料夹，再单击资料夹图标，显示单项分析结果。双击“速度/压力切换时的压力”结果或单击它前面的复选框，查看最高射压，如图 8-15 所示。1+1 模穴的最高射压为 79.48MPa。没有出现短射现象。

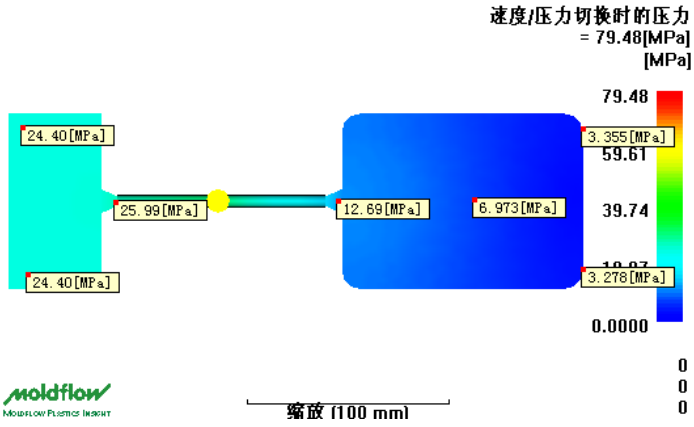


图 8-15　1+1 模穴最高射压

“流道平衡”分析操作如下：

（1）选择菜单栏“分析”指令，单击“设置分析顺序”中“流动平衡”按钮，或直接单击案例浏览区“设置分析顺序”指令按钮，在弹出的对话框里选择“流道平衡”选项。

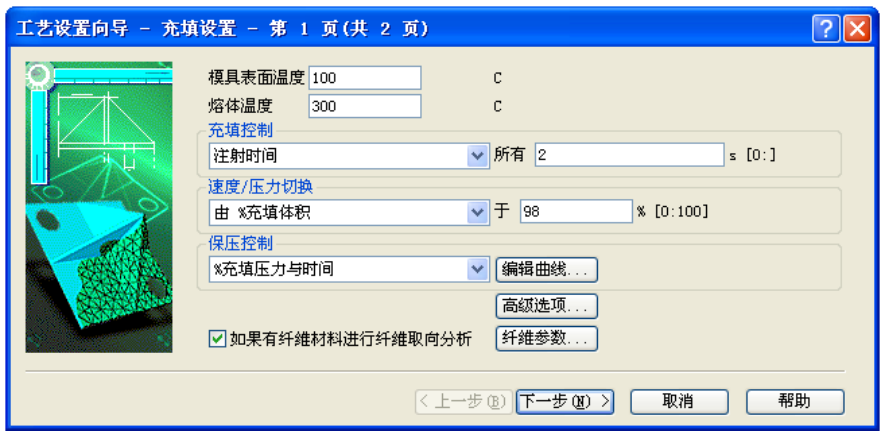


图 8-16　“充填设置”页面

（2）设置“流道平衡”分析工艺参数。单击案例浏览区中“工艺设置”按钮，弹出“工艺设置”对话框，第一页是“充填设置”页面，如图 8-16 所示。对于初学者，建议采用系统推荐的最佳模具温度和熔体温度，“充填控制”选用“注射时间”控制，在右侧的文本框里输入“2”；“速度/压力切换”采用“由%填充体积”控制，在右侧的文本框里输入“98”；“保压控制”采用系统默认设置。单击“下一步”按钮，进入“流道平衡设置”页面，如图 8-17 所示。在“目标压力”文本框输入“80”。系统会根据目标压力值调节流道的尺寸，使两穴的充填区域平衡。



图 8-17　“流道平衡设置”页面



图 8-18　“流道平衡高级选项”对话框

单击“高级选项...”按钮，弹出如图 8-18 所示的“流道平衡高级选项”对话框。一般采用系统默认设置就可以得出精确的分析结果。“研磨公差”越小，分析出的流道平衡率就越高，通常采用默认值。“最大迭代”次数是系统迭代计算次数的上限，系统会逐步调节流道的尺寸，有时实际的迭代计算次数用不着设定的迭代次数就已经实现充填平衡。在“时间收敛公差”和“压力收敛公差”文本框输入可以接收的两个型腔充填的时间差和压力差。成功的分析结果会使“时间差”和“压力差”落在设定的范围内，理想的平衡结果差值是非常小的，如图 8-18 所示。但是如果前期设定的差值太小，可能会导致分析失败，单击“完成”按钮，再单击“立即分析”按钮，分析开始。

8.4　流道平衡优化前后分析结果对比

分析完成后会在项目管理区出现一个新的以原分析案例命名后缀为“流道平衡”的流动分析新案例。勾选案例浏览区“工艺”复选框，查看原案例分析输出结果，如图 8-19 所示。

```
平衡目标压力          80.0000 MPa
研磨公差          0.0100 mm
最大迭代限制    20
时间收敛公差          5.0000 %
压力收敛公差          5.0000 MPa
截面收敛公差          0.7000

迭代    时间不平衡    压力不平衡   截面不平衡
                (%)             (MPa)
  0         39.5183          17.2620          0.6525
  1         29.4511          11.5710          0.6311
  2         13.0204          14.0290          0.7286
  3          7.1650           4.7840          0.3162
  4          0.2860           1.6940          0.0955
理想的平衡完成: 允许研磨公差和压力控制
  5          0.2860           1.6940          0.0955
```

图 8-19　流道平衡迭代计算过程

本次分析进行的迭代计算次数为 5 次，时间不平衡率为 0.2860%。压力不平衡率为 1.6940%，截面不平衡率为 0.0955。分析的结果是理想的。

单击“结果”显示区中“优化”（optimization）资料夹，如图 8-20 所示。查看“体积更改”结果，如图 8-21 所示。

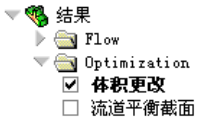


图 8-20 “优化”结果

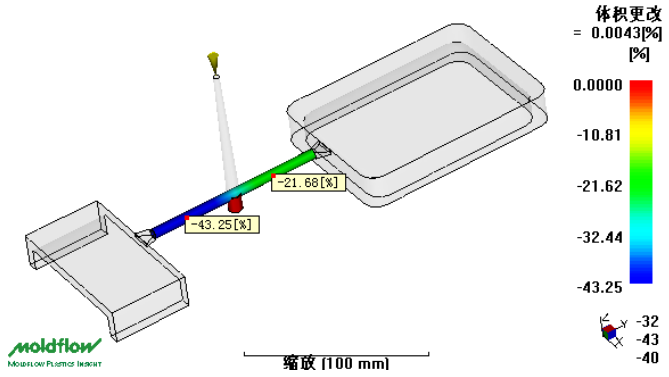


图 8-21 “体积更改”结果

优化后的分流道是在约束条件下（产品几何形状、成型材料、目标压力）获得的最小尺寸流道。这个最小尺寸一般是产品壁厚的 1.5 倍，以达到填充平衡和保压均匀的效果。

由图 8-21 可以看到，连接小型腔的分流道体积减少 43.25%，连接大型腔的分流道体积减少 21.68%。相当于这两个分流道的料头用量分别减少 43.25%和 21.68%。连接小型产品型腔的分流道尺寸由原来的 6mm 变为 4.52mmm，连接大型产品型腔的分流道尺寸由原来的 6mm 变为 5.31mm，如图 8-22 所示。

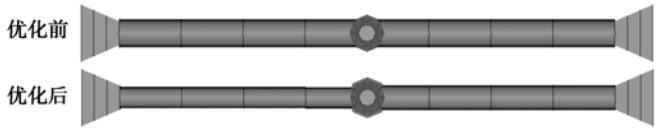


图 8-22 分流道优化前后对比

如果“体积更改”值是负值，表明优化后的流道尺寸变小了；如果“体积更改”值是正值，表明优化后流道的尺寸变大了。这主要取决于目标压力的设定值。目标压力值等于或大于型腔 100%转换时压力值，优化后的流道尺寸会变小；目标压力值小于型腔 100%转换时压力值，优化后的流道尺寸会变大。

如果将目标压力值设定为等于型腔 100%转换时压力值，优化后的流道尺寸一般会小于原流道尺寸。这是因为尺寸小的流道需要高的注射压力，而平衡的填充需要较低的注射压力，所以流道尺寸减少并没有提高射压。

【注意】 “流道平衡”分析并不能优化浇口和主流道的尺寸，所以应先确定出适宜的浇口和主流道尺寸，再做“流道平衡”分析优化流道尺寸；或在流道尺寸优化的基础上，调整浇口的尺寸，再做“流道平衡”分析。

下面来对比优化前后的分析结果。

8.4.1　流道尺寸优化前后充填时间对比

流道优化前：小型腔在 1.303s 时注满，流动严重不平衡，如图 8-23 所示。

流道优化后：两型腔基本在同一时间完成充填，实现流动平衡，如图 8-24 所示。

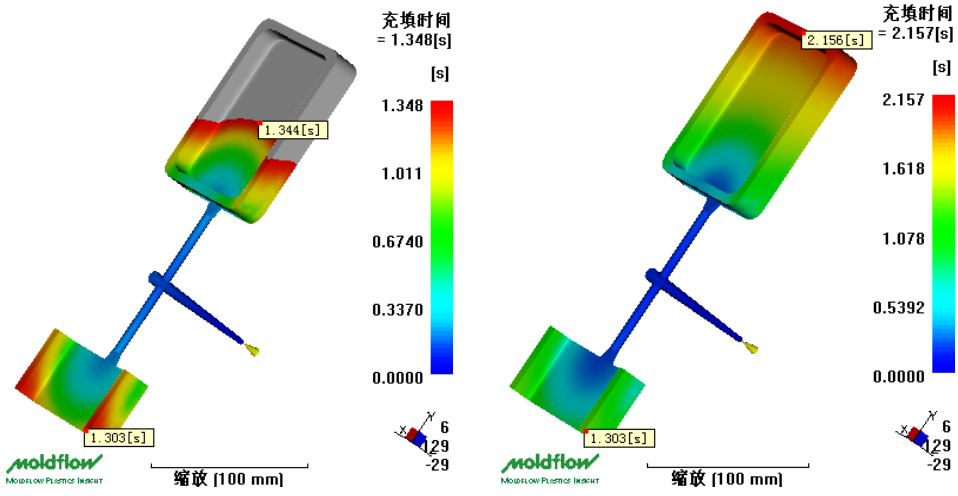


图 8-23　优化前填充时间

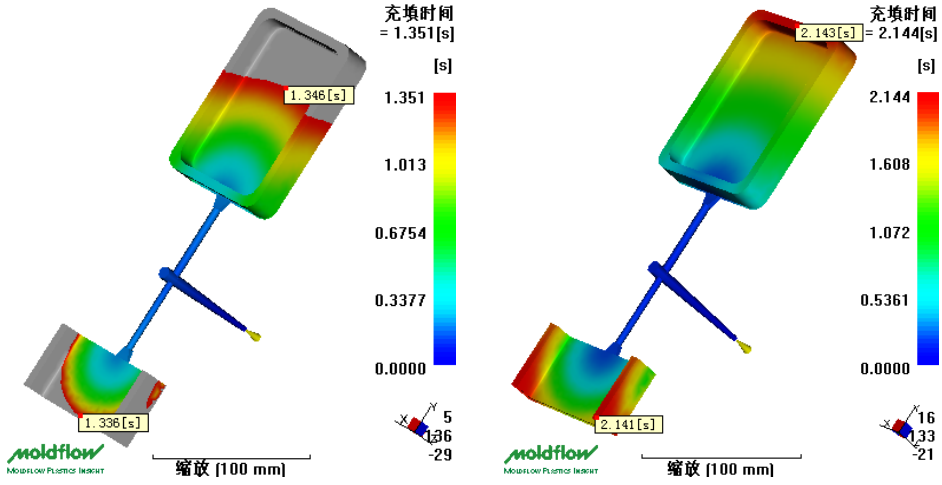


图 8-24　优化后填充时间

8.4.2　流道尺寸优化后速度/压力切换时的压力

流道优化前：小型腔先注满，在大型腔注射时已处于保压状态，两型腔压力降差异很大，如图 8-25 所示。

流道优化后：两型腔料流流动路径上的压力降基本一致，如图 8-26 所示。

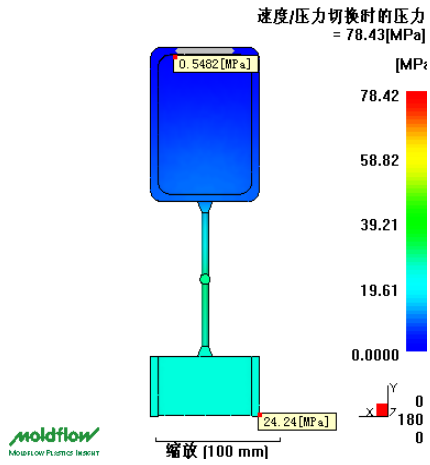


图 8-25　优化前速度/压力切换时压力

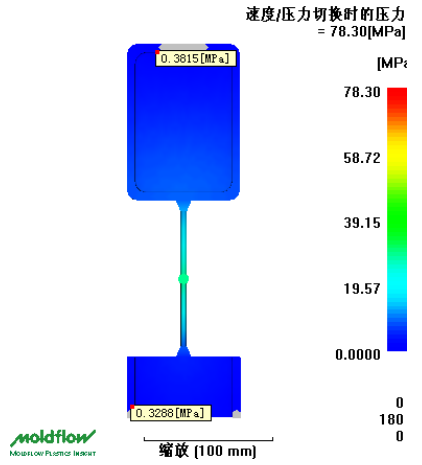


图 8-26　优化后速度/压力切换时压力

8.4.3　充填结束时的压力

流道优化前：充填结束时两型腔内压力差很大，如图 8-27 所示。

流道优化后：充填结束时两型腔内压力基本一致，如图 8-28 所示。

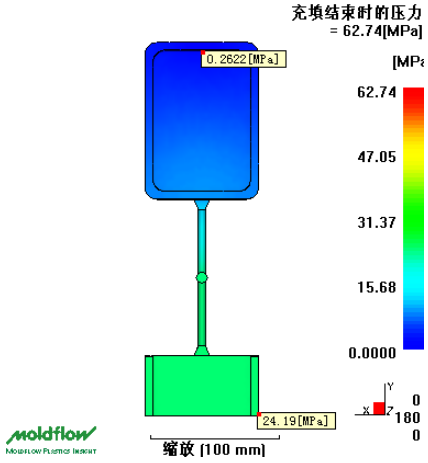


图 8-27　优化前充填结束时的压力

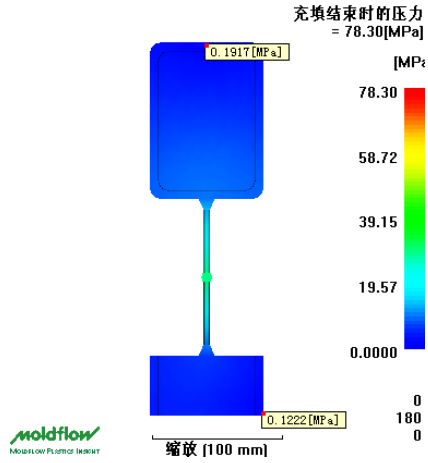


图 8-28　优化后充填结束时的压力

8.4.4　锁模力：X Y 图

流道优化前：最高锁模力值为 17.6t，如图 8-29 所示。

流道优化后：最高锁模力值为 9.3t，如图 8-30 所示。

综上所述，流道平衡分析不仅实现了填充平衡，还减少了料头用量，降低了产品成本。

流道平衡分析不能优化浇口尺寸，而在实际中，当充填出现不平衡时，会采用同时改变浇口和流道尺寸的方法改善充填。

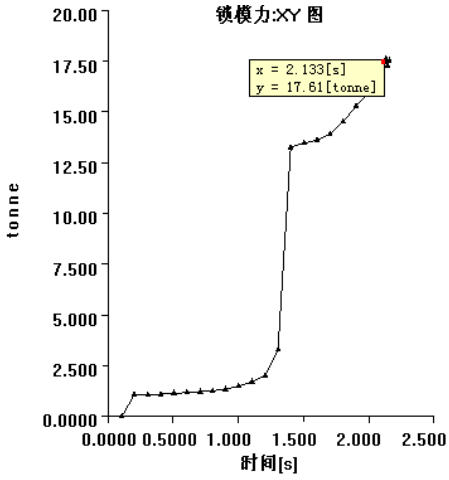


图 8 -29　优化前锁模力曲线图

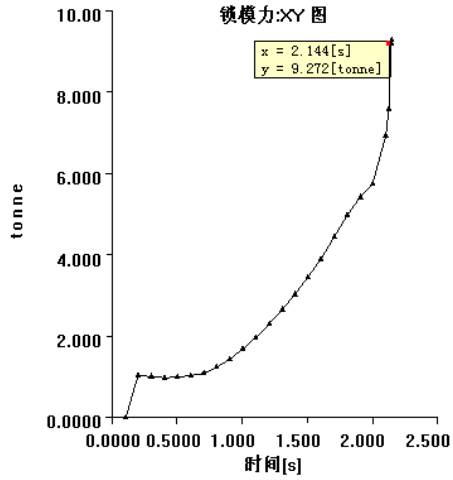


图 8 -30　优化后锁模力曲线图

本章小结

本章讲述了对模具设计具有重要意义的最佳进浇位置分析和流道平衡分析。通过实例演示和分析效果对比，加深读者对充填平衡的认识，以及如何创建可以实现充填平衡的浇注系统来避免潜在的成型问题。

思考与练习

8-1　最佳进浇位置的定义是什么？
8-2　Moldflow 进行最佳进浇位置分析的参考条件有哪些？
8-3　最佳进浇位置分析对模具设计有什么实际价值？
8-4　Moldflow 进行流道平衡分析的参考条件有哪些？
8-5　流道平衡分析有什么实际价值？

第 9 章　成型窗口分析实例

在产品、进浇系统、塑料材质已经确定的情况下，在进行系统的分析之前，可以通过成型窗口分析得到一些确切的充填参数，如充填时间、较佳的模温值、熔温值等。

9.1　设置过程

成型窗口分析设置如下。

（1）打开如图 9-1 所示的模型。

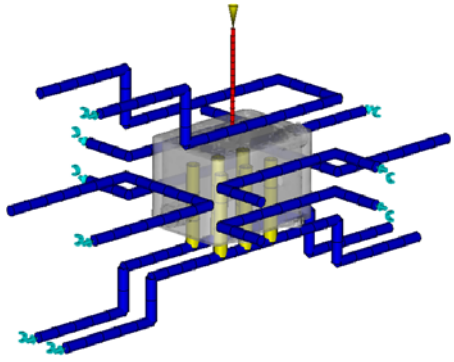


图 9-1　产品模型

（2）选择菜单栏“分析”下拉框中“设置分析顺序”指令，选择“成型窗口”选项，出现在案例浏览区。

（3）选择塑料材质。系统默认的塑料材质是通用 PP。直接单击案例浏览区“选择材料”图标，弹出“选择材料”对话框，如图 9-2 所示。

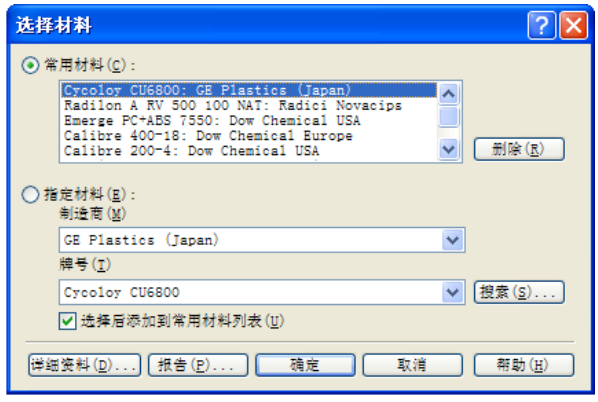


图 9-2　“选择材料”对话框

单击“常用材料”列表里“Cycoloy CU6800”，单击对话框最下排按钮中的“详细资料”，查看 CU6800 的材料属性。图 9-3 显示的是系统推荐的 Cycoloy CU6800 的成型工艺参数。

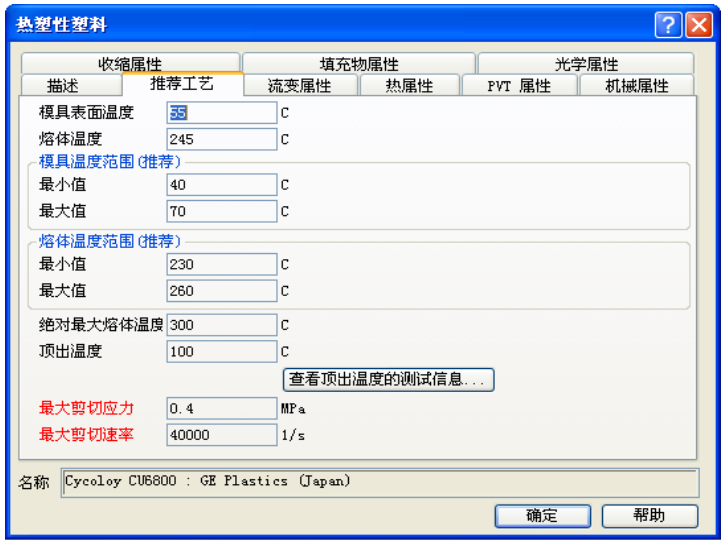


图 9-3　“热塑性塑料”属性设置对话框

（4）返回到“选择材料”对话框。单击“确定”按钮，选择的塑胶材料的牌号和生产商便出现在案例浏览区。如需选用其他塑胶，直接双击当前的塑胶，便可弹出“选择材料”对话框。

（5）设置工艺参数。单击案例浏览区中“工艺设置”按钮，弹出“成型窗口设置”对话框，如图 9-4 所示。在成型窗口分析中，可以采用系统默认设置。单击“确定”按钮。

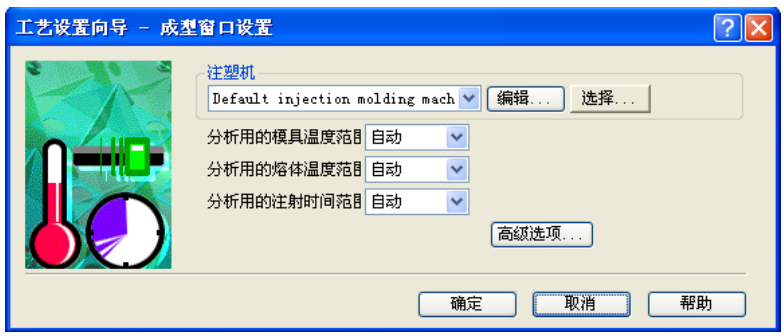


图 9-4　“成型窗口设置”对话框

在案例浏览区中单击“立即分析”指令，弹出“选择分析类型”对话框，系统默认进行完整的分析过程，用户可以根据实际情况选择是否进行“模型参数检验”的分析。单击“确定”按钮，分析正式开始。勾选案例浏览区中“日志”选项，用鼠标将主窗口下边缘向上拖动直到顶部，查看屏幕输出结果。

9.2　分析结果解析

单击案例浏览区 结果按钮，在“最佳成型条件”文件夹里是各项主要优化结果。

9.2.1 质量（成型窗口）

显示制品在不同的模温、熔温和注射时间下的成型质量，如图 9-5 所示。

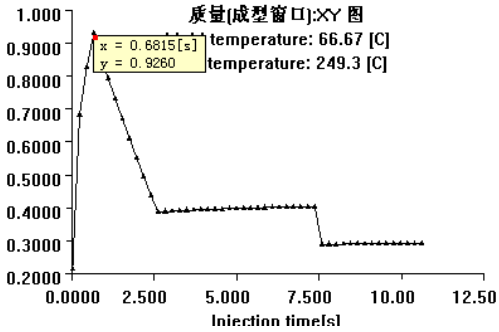


图 9-5　质量（成型窗口）：XY 坐标图

选中“日志”，查看屏幕输出结果，重点记录图 9-6 的优化结果，包括系统推荐的最佳模温值、最佳熔温值和最佳注射时间。选择“质量（成型窗口）”，单击鼠标右键，选择“属性”指令，弹出如图 9-7 所示对话框。在模温、熔温和注射时间三个因素中选择一个作为 *x* 轴的变量（*X* 轴的变量是可以更换的）。*Y* 轴显示制品最佳成型质量系数，数值越大表明注塑成型的制品质量越高。调节这三个变量，可以查看制品在不同的模温、熔温和注射时间下成型的质量。

```
最大设计锁模力      7000.22 tonne
最大设计注射压力     :      180.00 MPa
推荐的模具温度     :       66.67 C
推荐的熔体温度     :      249.29 C
推荐的注射时间      :       0.6728 s
```

图 9-6　成型窗口优化结果

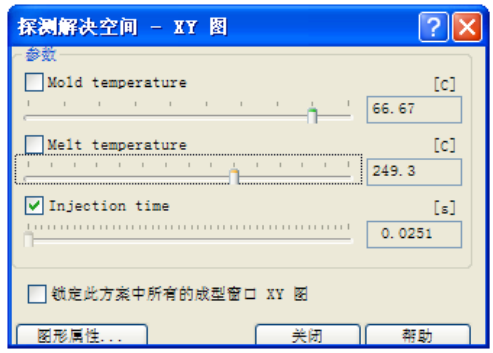


图 9-7　调节成型参数

此次以注射时间作为 *X* 轴的变量，分别拖动表征模温值和熔温值的滑动滑块，将它们拖至图 9-5 推荐的最佳值处。单击图 9-5 显示的曲线在 *Y* 轴的最高点，*X*=0.6815 为注射时间，*Y*=0.9260 为制品可达到的最高成型质量，这个结果表征的是在注射时间为 0.70s、模温为 66.67°、熔温为 249.29° 时，制品的成型质量最高，为 0.9260。两外制品最佳注射时间为 0.24s～2.04s。

9.2.2 区域（成型窗口）

2D 幻灯片图：横向为系统推荐的熔温值范围，纵向为系统推荐的模温值范围，如图 9-8 所示。将鼠标放在显示颜色的区域上，向上或向下推动手掌图标，查看在不同的注射时间下制品成型的状况。从主窗口右侧的显示图标可以看出，模温、熔温和注射时间对制品质量的

影响可概括为三种，分别由三种颜色显示，表征的意义如下。

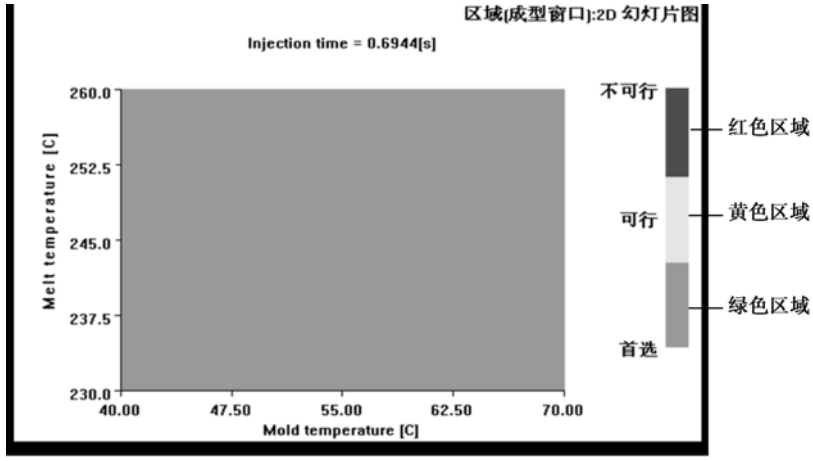


图 9-8　颜色区域显示

1．绿色区域

成型参数处在绿色区域内表示：

（1）制品不会发生短射。

（2）最高注射压力不会超过机台最高射压的 80%。

（3）最高流动前沿温度不会高出熔融温度 10°C，最低流动前沿温度不会低于熔融温度 10°C。

（4）熔融塑胶受到的剪切力不会超过此种塑胶可以承受的最大剪切力值。

（5）熔融塑胶的剪切率不会超过此种塑胶可以承受的最大剪切率值。

如果制品的成型参数在绿色范围内，则表征制品的成型品质会比较高。精密注塑机可以保证制品高的重复精度，但机台在长时间的注塑过程中，实际的成型参数可能会由于多种原因而发生波动。当产品的设计工艺较好、进浇方式适当、兼选用的塑料材质流动性比较好时，才会出现大面积的绿色。如果绿色面积比较宽，表示适合本产品的成型参数的范围比较宽，在生产中，机台参数的轻微波动不会影响产品品质。如果绿色区域非常窄，一是很难综合调出最适宜的成型参数，二是参数的轻微波动都可能引起制品成型质量的变化，所以应尽量拓宽制品良好的成型条件范围。

2．黄色区域

成型参数处在黄色区域内表示：

（1）制品不会发生短射。

（2）最高注射压力不会超过机台最高射压。

如果使用黄色区域的参数，制品可以成型，但恐怕难以保证较高的品质。如果是全黄色显示，则表示在当前的进浇系统和使用的塑胶材料下，可能难以调出适宜的综合成型参数。针对这种情况，可以从不同方面改进成型状况，比如修改产品局部特征、加大浇口尺寸和流道尺寸或更换浇口类型、缩短流道长度、降低压降等，来保证客户需求的制品品质。

3．红色区域

成型参数处在红色区域内表示：

（1）制品很可能会发生短射。

（2）实际需要的注射压力已经超过了机台最高射压。当前的机台最高射压在现有的浇注

系统和使用的塑胶材料下无法满足成型的需求。

红色区域的参数表征在当前的进浇系统和使用的塑胶材料下，无法完成制品的成型，需要改变不利的成型因素。

4．其他分析结果

（1）注射压力（成型窗口）：显示的是模温、料温、注射时间和注射压力这四个参数的关系。

（2）最低流动前沿温度（成型窗口）：显示的是模温、料温、注射时间和流动前沿温度的关系。

（3）最大剪切速率（成型窗口）：显示的是模温、料温、注射时间和剪切速率的关系。

（4）最大剪切应力（成型窗口）：显示的是模温、料温、注射时间和剪切应力的关系。

（5）最长冷却时间（成型窗口）：显示的是模温、料温、注射时间和冷却时间的关系。

成型窗口分析并不能取代完整的模流分析。用户可以参照成型窗口给出的最佳成型参数进行完整的模流分析。如果出现成型上的问题，可针对不同的情况进行优化改进。

本章小结

利用成型窗口分析可以快速得知制品成型质量的信息。如果分析结果显示在当前综合因素下制品的成型效果很差，可以快速做出方案上的更改。成型窗口不仅为后续完整的模流分析序列提供可靠的参数设置，并为试模调机提供很有价值的参考。利用成型窗口中的成型参数组合，可以快速实现制品流动优化分析。

思考与练习

9-1　成型窗口分析的意义是什么？

9-2　成型窗口分析结果中三种颜色显示分别代表什么？

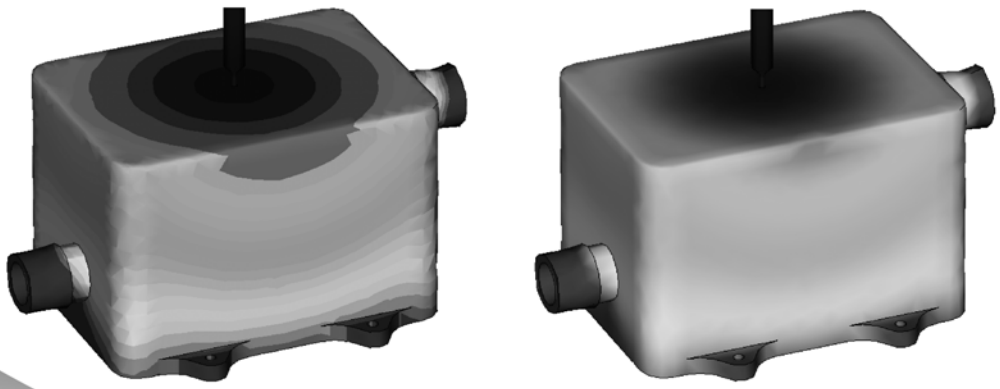
9-3　对于只有区域中红色显示的案例应做哪些方面的改善？

9-4　成型质量良好的塑件的先决条件是什么？

第五篇

高阶案例篇

- 第 10 章　传统注塑成型模拟分析案例
- 第 11 章　双色成型模流分析
- 第 12 章　Insert molding 成型案例分析
- 第 13 章　光学双折射案例分析



5

第 10 章　传统注塑成型模拟分析案例

本章将通过多个案例讲述 Moldflow 分析模块在传统注塑成型中的应用。Moldflow 通过对热塑性塑料注射成型过程中的充填、保压以及冷却三个阶段的模拟分析，准确预测制品的成型效果是否在可接受范围内，真实反映制品潜在的成型问题，用户可以根据分析结果对制品造型或进浇方案及时做出调整。本章中的分析案例包括原始成型方案下制品充填、翘曲变形、优化成型方案下制品翘曲变形的改善；如何在开始阶段排布出可以对制品不同部位实现均匀冷却的模具冷却回路；同一制品不同进浇位置对制品外观品质、强度的影响；如何对模具型腔进行准确地放缩水以保证制品重要管控尺寸的精度等。

10.1　冷却+流动+翘曲分析范例

在进行完整的冷却+流动+翘曲分析前，应完成以下前期准备工作：

（1）在进行流动分析前，建议先进行成型窗口分析。

（2）优化流动分析。流动的优化分析主要针对浇口的位置、数量及尺寸，流道的尺寸。采用成型窗口中推荐的参数值，可以快速实现流动分析的优化。

（3）冷却分析的优化。冷却分析优化的目的是为了使制品得到均匀的冷却效果和均匀的体积收缩，保证制品良好的外观及尺寸精度，缩短成型周期。

（4）冷却+流动分析的优化。以假设熔料温度为常量作为初始边界条件，将从冷却分析中得到的参数运用到流动分析中，建立制品与周围区域的热交换模型，提高流动分析的准确度。

（5）冷却+流动+翘曲分析的优化。翘曲分析不能单独进行，必须在完成流动分析的基础上进行。相对于其他翘曲分析序列，利用冷却+流动+翘曲序列得到的分析结果准确度更高。

首先打开图 10-1 的模型。在前几章节，我们已经对这个模型建立了原始浇注系统和冷却系统，并以它的成型为例进行了成型窗口实例分析。

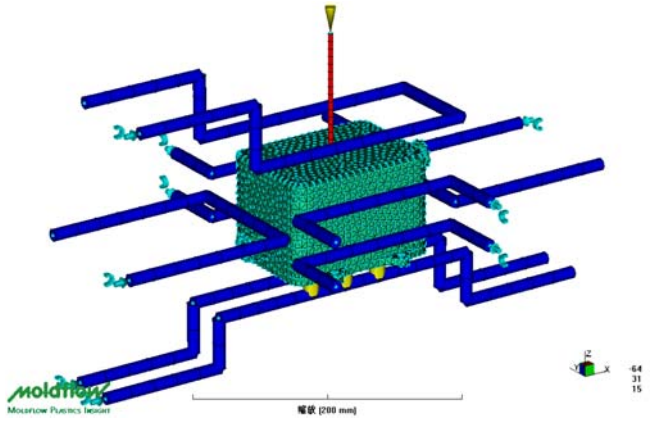


图 10-1　制品模型

10.1.1　制品的品质要求

客户对制品的要求是强度高、尺寸稳定、敞口面平整、外观光洁、无缩痕。

10.1.2　选择分析类型与成型材料

选择案例浏览区“设置分析顺序”指令，选择“冷却+流动+翘曲”分析类型。塑胶材料选用 PC+ABS，制造商为 GE。

10.1.3　设置工艺参数

现在进行分析前最重要的设置：成型工艺参数设置。单击案例浏览区✓ 工艺设置(默认)按钮，弹出“工艺设置向导–冷却设置”对话框，如图 10-2 所示。以下是对成型参数设置过程的详细讲解。

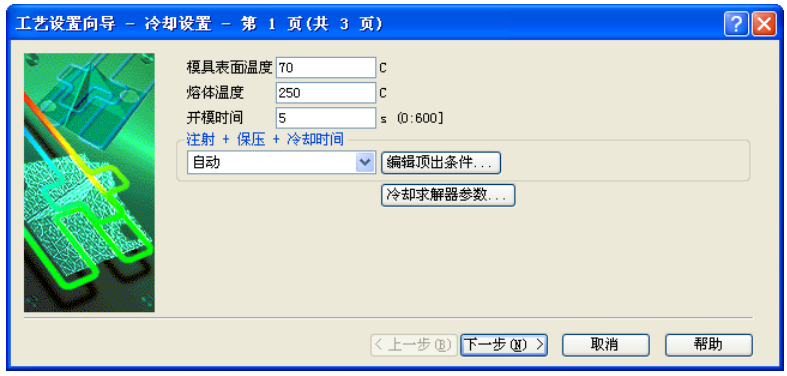


图 10-2　“工艺设置向导–冷却设置”对话框

1．设置“冷却”分析参数

对话框第一页为冷却分析参数设置页面，如图 10-2 所示，需要设定的主要成型参数包括：

（1）模具表面温度。采用成型窗口得出的最佳模温值 70℃。

（2）熔体温度。采用成型窗口得出的最佳熔温值 250℃。

（3）开模时间。采用默认的 5s。

（4）注射+保压+冷却时间。也就是这三者时间之和。可以指定成型周期值或采用系统“自动”控制的方法。由于当前还不能确定出最佳冷却时间，采用“自动”控制的方法。单击“编辑顶出条件”按钮，弹出“制品顶出条件”对话框，如图 10-3 所示。在“顶出温度”文本框输入制品顶出时的温度。采用系统默认的顶出温度 100℃。案例中制品肉厚较厚，为了保证制品顶出时的强度和顶出后尺寸的稳定性，在“顶出时冻结百分比”文本框输入凝固率为 100%。这两个标准决定成型周期的具体时间。如果这两个标准已经满足，在 Moldflow 中即意味着冷却阶段的结束。单击“确定”按钮，返回“冷却设置”对话框。如果采用“指定成型周期”的控制方法，需要设定成型周期。冷却分析会根据设定的周期来计算冷却的效果。这种方法多用于模具水路已经过优化排布后。

（5）冷却求解器参数：单击“冷却求解器参数”按钮，弹出“冷却求解器参数”对话框，如图 10-4 所示。在“模具温度收敛公差”文本框输入分析计算中模具温度的收敛公差。如果在冷却分析屏幕输出结果中显示分析无法收敛的错误提示，那么适当增加模温迭代次数，重

新分析，可能得到更为准确的收敛结果。在“最大模温迭代次数”文本框里输入最大迭代计算次数。模温收敛公差值越小，所得到的分析结果就越精确，但过小的收敛公差值可能使收敛无法进行。一般这两项采用默认值即可满足分析的精度。

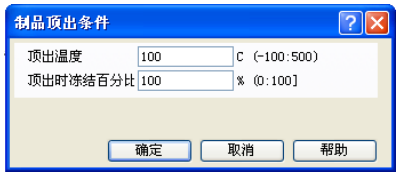


图 10-3 “制品顶出条件”对话框



图 10-4 “冷却求解器参数”对话框

模型上任一网格单元在冷却过程中都会受到它周围网格单元热量传递的影响。几何体影响就是控制网格单元在成型中对其产生热交换影响的周围网格单元的数量。随着周围网格数量的增加，分析结果的精度和对计算机硬件的要求都会提高。“计算几何体影响的方法”一共有三种方法，分别是“自动”式、“理想”式和“参数”式控制。当采用“自动”控制方式时，系统会对每一个网格在保证分析结果精度的前提下采用最小数量的周围单元，所以需要的周围单元的数量也不尽相同。“自动”控制的目的就是在冷却分析中，使每个网格周围的网格数量和周围的水路管道单元数量，与分析精度取得最高的协调性。这种方法比较适用于优化水路排布。“理想”式是默认的控制方式，在分析的过程中考虑模型上所有网格单元对某一网格单元的影响。这种控制方式产生的分析结果精度最高，但需要占用大量的磁盘空间和计算时间。如果模型上网格数目很大，在磁盘空间有限的情况下可能很难完成分析任务。鉴于此种控制方式的原理，建议在进行翘曲分析和收缩分析时使用。“参数”控制方式就是手动设定每一个网格单元周遭网格的数量。默认的数量为 6。在没有异常的情况下，建议采用“自动”控制的方式。“自动”控制接近于“参数”式设置为 10 个时。在分析大模型时，为了可能少地占用磁盘空间，可以将“参数”设置为 6～10。如果采用“理想”的控制方式分析无法进行，可改为“参数”式控制，将数量控制在 20～30。本案例中采用系统默认的“理想”选项。

“自动计算冷却时间包含流道”意为是同时考虑流道的凝固率来确定冷却时间的长度，可以根据流道的尺寸和制品的厚度确定是否需要勾选。“使用聚合网格求解器”一般处于常选状态，可优化分析时间。单击“确定”按钮，返回冷却设置页面。

2．设置“流动”分析参数

单击“下一步”按钮，进入第二页，设置“流动”分析参数，如图 10-5 所示。



图 10-5 “工艺设置向导-流动设置”对话框

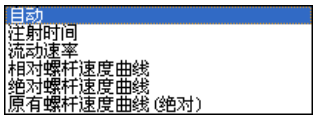


图 10-6　充填控制方式

（1）充填控制：一共有六种控制方法，如图 10-6 所示。为了精确控制熔融塑胶在型腔内的流动，可在以下控制选项中选择最适宜的控制方式。

① 自动：自动控制就是系统根据制品的体积、肉厚、采用的进浇方式和使用的塑料材质自动控制充填的进行，以期得到一个较佳的充填结果。

② 注射时间：可以从成型分析窗口分析中或根据以往的成型经验给出一个比较合理的控制时间。案例中采用的注射时间是从成型分析窗口得到的较佳充填时间——2s。

【注意】　2s 是 V/P 转换前所用的时间，而实际的注射时间会略长于设定值。

③ 流动速率：通过控制熔融塑胶在型腔内的流动速率来控制充填的进行。

④ 相对螺杆速度曲线：通过控制螺杆的运动来控制充填。控制方式有两种：第一种是通过控制熔融塑胶流动速率百分比和射出体积百分比，100%射出体积表示已完成型腔的填充，0%表示填充尚未开始，这种方式可以精确控制塑胶在型腔不同部位的流动速率，从而达到避免成型缺陷和提高成型质量的目的。第二种是通过控制螺杆的运动速度百分比和螺杆行程百分比，螺杆在 100%行程的位置上时表示塑化已完毕，螺杆在 0%行程的位置上时表示已经完成注塑过程，但应用此项设置不反映螺杆的背压，所以分段设置时应按螺杆行程百分比的递减进行设置，不能后退。

⑤ 绝对螺杆速度曲线：一共有六种控制方式。第一种是螺杆轴向运动速度（mm/s）和螺杆位置（mm），通过控制螺杆在料筒不同位置的运动速度（mm/s）来控制充填的进行。第二种是熔融塑胶的流动速率（cm^3/s）和螺杆位置（mm），通过控制螺杆在不同位置时熔融塑胶的流动速率（cm^3/s）来控制充填的进行。第三种是螺杆最大转速百分比和螺杆位置（mm），通过控制螺杆在不同位置时的最大转速百分比来控制充填的进行。第四种是螺杆的轴向运动速度（mm/s）和时间，通过不同时间段螺杆的速度（mm/s）来控制充填的进行。第五种是熔融塑胶的流动速率（cm^3/s）和时间，通过控制熔融塑胶在不同时间段的流动速率来控制充填的进行。第六种是螺杆最高运动速度（mm/s）百分比和时间，通过控制螺杆在不同时间段的最高运动速度（mm/s）百分比来控制充填的进行。

⑥ 原有螺杆速度曲线（绝对）：设置方式可参照相对螺杆速度曲线和绝对螺杆速度曲线。

（2）速度/压力切换：也就是 V/P 点的转换。为了保证型腔完全充满，在型腔充填末端将流速控制转为压力控制。这两种控制方式其实都是对熔融塑胶流动的控制方式。当熔体刚刚进入型腔时，暂时还未分析出充填整个型腔不同所需要的最高压力和充填型腔不同区域所需要的压力，因此就采用控制熔融塑胶流动速度的方式，分析出塑胶在型腔不同区域接近均速流动时需要的充填压力。当分析接近型腔末端时就可以确定出整个充填过程的最高压力。为了顺利完成剩下的这一小部分型腔的充填，同时避免制品产生过多的残余应力和在最末端出现缩水，这时就可以将控制方式改为由注射压力控制。一共有九种控制方式，如图 10-7 所示。

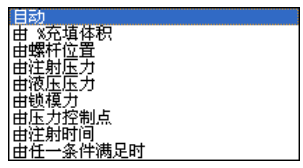


图 10-7　速度/压力切换控制方式

① 自动：系统自动控制 V/P 点。实际上也是通过控制型腔充填百分比来实现控制转换点的。转换点出现在使熔体能够在后续的压降下填满型腔。注射时间在 V/P 转换之前是很合理的。但经过 V/P 转换后，注射压力会产生变化，由保压压力值决定。如果转换后的压力控制不当，可能出现系统对

型腔剩下这一小部分充填的分析输出结果和实际成型时间相差比较大的情况。

② 有%充填体积：通过控制型腔充填体积百分比来控制 V/P 点的转换。系统默认的转换点为型腔体积的 99%。在右栏内输入一个合理体积百分比值。这里需要提醒大家一点的是，不同制品一定要注意型腔和浇注系统的体积所占的比例。针对小型制品，有时浇注系统所占的充填比例大于型腔的比例，这时应该将 V/P 点向后推移，保证对制品型腔的充填压力足够；针对较大制品，可以将 V/P 点向前适当推移，减小型腔末端的残余应力。

③ 由螺杆位置：当螺杆到达料筒内预设的位置时进行 V/P 点的转换。

④ 由注射压力：系统在分析的过程中，当实际需要的注射压力值达到预设的压力值时，便出现 V/P 转换。这需要提前对制品的最高注射压力做出准确的评估，以免在分析中出现短射。

⑤ 由液压压力：通过控制液压系统输出的压力来设定 V/P 点转换。当液压系统输出的压力值达到设定值时便出现 V/P 点。自液压系统输出的压力值传递到机台的注塑系统还有一定比例的损耗，所以对它的控制也就更复杂。

⑥ 由锁模力：当模具的锁模力达到设定值时便进行转换。当实际锁模力达到预设锁模力值时便出现 V/P 转换。这需要提前对制品需要的最高锁模力做出准确的评估，才能准确控制 V/P 点转换。相对于前几种方法较难以把握。

⑦ 由压力控制点：当熔融塑流动前沿胶到达型腔某一点时，在那一刻进行 V/P 点转换，转换时压力值为预设值。

⑧ 由注射时间：输入一个适当的注射时间值。系统在分析的过程中，当已经历的注射时间接近预设值时便进行 V/P 点转换。

⑨ 由任一条件满足时：以上几种控制方式皆做设定，哪一种控制方式最先实现便以哪种控制方式为准。

（3）保压控制：对制品保压段的设置。一共有四种控制方法，如图 10-8 所示。

① %充填压力与时间：以注射压力的百分比来确定保压压力值和保压时间。单击右侧的编辑按钮，弹出“保压控制曲线设置”对话框，在列表里分段设置保压压力和时间段。单击“绘制曲线”按钮，弹出保压压力和作用时间的 2D 坐标图。在我们还不能准确确定注射压力的情况下，建议大家选用以注射压力的百分比来确定保压压力值这一项，就可以根据注射压力值确定出合适的保压压力值。不同的制品，需要不同的保压段数、保压压力值和作用时间，而且这三者的作用必须协调，才能取得良好的保压效果，消除成型缺陷。

② 保压压力与时间：直接输入保压压力值和保压时间。设置方式可参照图 10-9。

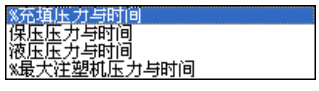


图 10-8　保压控制方式

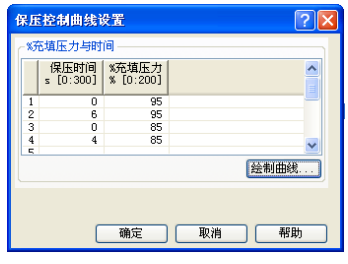


图 10-9　“保压控制曲线设置”对话框

③ 液压压力与时间：根据液压压力值和作用时间来进行保压。

④ %最大注塑机压力与时间：根据机台最高注射压力的百分比来确定保压压力值和时间。

（4）高级选项：单击“高级选项”按钮，弹出“流动分析高级选项”设置对话框，如图 10-10 所示。用户可以在对话框里进行相应选项的高级设置。

① 成型材料：单击“选择”按钮，用户可以重新选择塑料材质。单击“编辑”按钮，也可以对当前的塑胶进行属性编辑。

② 工艺控制器：单击“编辑”按钮，可以对成型工艺参数进行高级设置。其中很重要的一项设置是对模温的设置，如图 10-11 所示。在“温度控制”选项栏，用户既可以选择公母模侧温度相同，也可以分别设置公母模侧的温度。用户还可以在“环境温度”文本栏设置机台工作车间的温度。



图 10-10　“流动分析高级选项”设置对话框

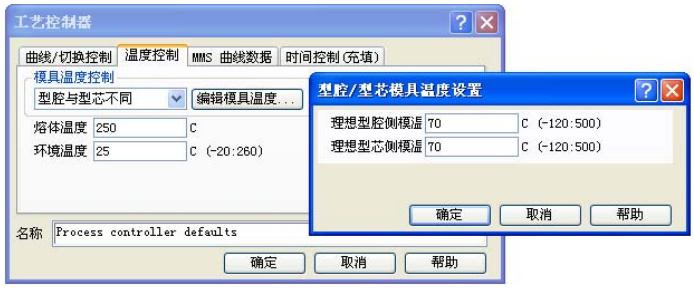


图 10-11　“工艺控制器”高级选项设置对话框

③ 注塑机：用户可以根据注塑机台的部分规格参数和高级控制方式编辑这些选项。

④ 模具材料：编辑模具钢材的属性。

⑤ 求解器参数：对求解器参数进行编辑或更改。其中很重要的选项设置是对“纤维分析”和“型腔偏移”参数的设置。

3. 设置“翘曲”分析参数

单击“下一步”，进入第三页，设置“翘曲”分析参数，如图 10-12 所示。

（1）考虑模具热膨胀：在分析制品翘曲的时候同时考虑模具型腔的膨胀因素。

（2）分离翘曲原因：在翘曲分析结果列表中显示引起翘曲的独立因素对翘曲的影响程度。

（3）考虑角效应：分析过程中考虑边角效应。熔融塑胶通过尖锐的边角会在强的剪切力下产生剪切热和剪切应力，勾选此复选框有助于得到更准确的分析结果。

（4）矩阵求解器：包含不同的求解方法。采用默认“自动”的方式，单击“完成”按钮，冷却+流动+翘曲分析参数设置完毕。

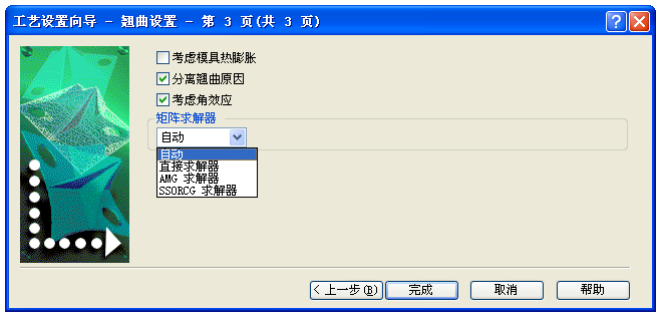


图 10-12 “工艺设置向导-翘曲设置”对话框

10.1.4 编辑冷却液属性

案例中采用 1#纯净水冷却。如果需要更改冷却液类型，单击“选择”按钮，在弹出的对话框里选择需要的冷却液。

系统默认的冷却液温度为 25℃。单击任意一个入水口标志，单击右键，从弹出的快捷菜单中选择“属性”指令，弹出“冷却液入口”属性设置对话框，如图 10-13 所示。在这里可以对冷却液的属性，包括冷却液的类型、冷却液雷诺数和冷却介质入口温度属性做出修改。单击“确定”按钮。和这条管道的入口名称相同的其他冷却管道的属性会同时改变。如果需要改变某一条冷却管道的属性，应先查看有无和它同名的冷却管道，如果有其他冷却管道和它共享同一个名字，就需要删除当前入水口标志，重新赋予新名称和属性。

进浇面靠近热嘴，较难冷却，故将位于母模侧、冷却制品底面的水路温度设为 45℃，与模温相差 25℃，如图 10-14 所示。



图 10-13 “冷却液入口” 属性设置对话框

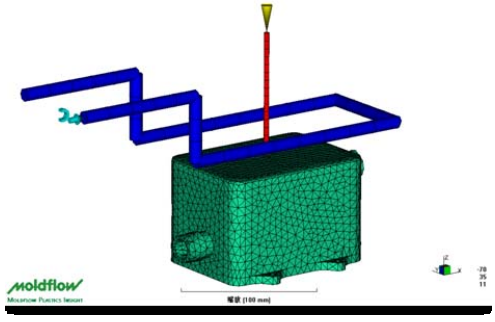


图 10-14 冷却制品底面的管道

四个侧面为外观面，冷却水温同样设为 45℃，如图 10-15 所示。

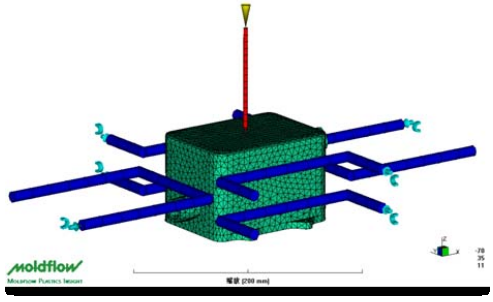


图 10-15　冷却制品侧面的管道

将位于公模侧、冷却制品内部的隔板水路温度设为 35℃，如图 10-16 所示。

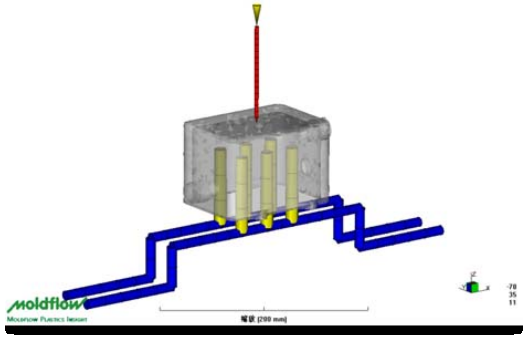


图 10-16　冷却制品内部的隔水板

选择案例浏览区“立即分析”指令，弹出“选择分析类型”对话框，如图 10-17 所示。勾选“运行全部分析”选项，单击“确定”按钮，分析开始。

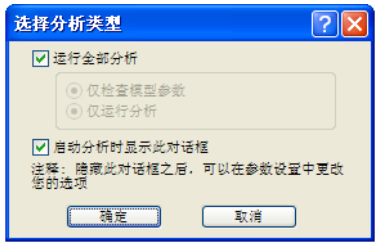


图 10-17　“选择分析类型”对话框

勾选“日志”复选框，将主窗口下边缘向上拖动至窗口最上方，查看分析过程中的信息输出。

10.1.5　分析结果解析

窗口弹出“分析完成”对话框后，表示分析已完成。接下来便是有针对性地查看相关分析结果。勾选案例浏览区“工艺”复选框，查看成型过程输出结果。在 2.12s 时，型腔完成 100%充填，如图 10-18 所示；在 12.12s 时，保压压力释放，保压结束，如图 10-19 所示；在

70.26s 时，冷却结束，如图 10-20 所示。填充+保压+冷却总时间为 70.26s。

2.10	98.89	64.50	7.27	121.12	V
2.10	99.01	64.50	7.48	120.71	V/P
2.11	99.47	61.28	7.73	111.94	P
2.11	99.53	61.28	7.84	111.46	P
2.12	100.00	61.28	7.97	111.02	已充填

图 10-18　型腔充填完成

保压阶段：

时间 (s)	保压 (%)	压力 (MPa)	锁模力 (tonne)	状态
3.53	2.07	61.37	69.08	P
7.03	7.23	61.37	70.08	P
8.11	8.82	54.91	69.10	P
10.25	11.98	54.91	58.01	P
12.12	14.72	0.00	53.36	P
12.12				压力已释放

图 10-19　保压结束

57.76	81.91	0.00	0.00	P
61.26	87.06	0.00	0.00	P
64.76	92.22	0.00	0.00	P
68.01	97.00	0.00	0.00	P
70.26	100.00	0.00	0.00	P

图 10-20　冷却结束

10.1.6　主要的流动分析结果

单击案例浏览区“流动”资料夹，弹出流动分析结果列表，流动分析结果全部位于“流动”资料夹内，如图 10-21 所示。

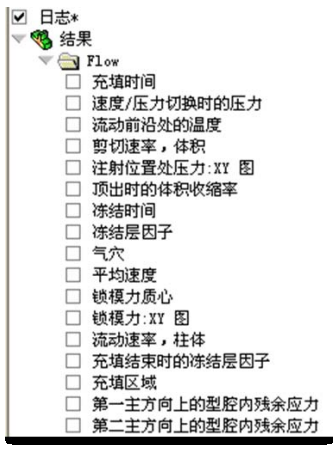


图 10-21　流动分析结果列表

1．充填时间

本制品较佳的充填时间为 2.12s。热流道区别于冷流道之处在于充填时间从热浇口在制品上的进浇点开始计时，而非从主流道最上端的进料点处开始计时，相当于塑胶直接注入制品型腔，如图 10-22 所示。

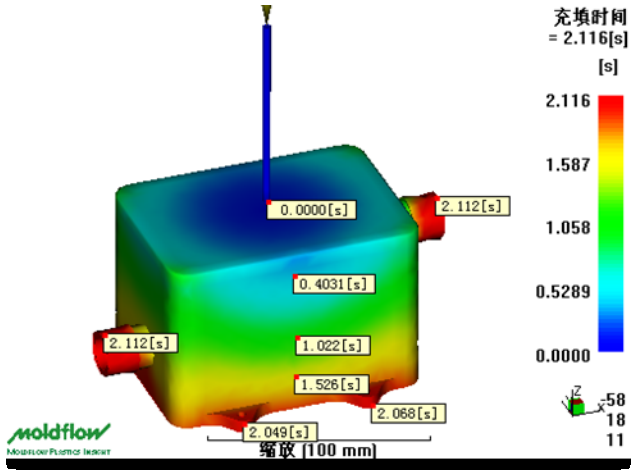


图 10-22　充填时间

设置不同的显示效果。在案例浏览区“流动”分析结果中选中“充填时间”，单击右键，从弹出的快捷菜单中选择“属性”指令，弹出“图形属性”对话框。

第一页为“动画”设置页面，如图 10-23 所示。在“帧数”右侧的文本框设置动画显示的帧数。“值范围”显示对应的每帧图面间隔的时间。帧数越大，每帧图面的间隔时间越长，动画的播放周期也就越长；帧数越小，每帧图面的间隔时间越短，动画的播放周期也就越短。可以利用“帧数”和“值范围”分别单独控制动画的播放。“单一数据表动态”可以选择“集中”播放整个过程或显示“仅当前帧”。

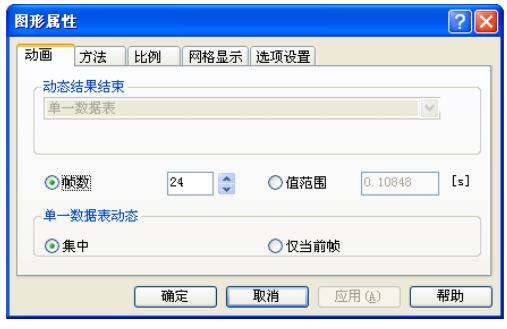


图 10-23　“动画”设置页面

单击“方法”按钮，切换到显示“方法”设置页面，如图 10-24 所示。选择图面显示方式。“阴影”意为系统默认显示方式，可以使我们从视觉上更直观地观察熔融塑胶充填型腔的过程，如图 10-22 所示。“等值线”意为制品上布满代表不同时刻线的封闭曲线环，如图 10-25 所示。每两根等值线的时间间隔均是相等的。等值线的密度可以在“等值线数量”一栏进行设置。数量越大等值线越密集，越容易看清楚塑胶在制品细小特征处的流动形态。利用等值

线更容易观察制品哪些部位可能会出现哪些流动上的问题。根据等值线排布的稀疏情况可以判断出熔融塑胶在型腔的哪些区域流速较快，哪些区域流速较慢。等值线分布稀疏，表示在相等的时间内，塑胶在这里流得比较快；等值线密集的区域，表示在这里塑胶流动得比较慢。在出现短射的区域，等时线是最密的。因为塑胶在容易产生短射的区域流动受阻，流速减慢，直至停止，在这一小片区域里会显示自熔融塑胶进入此区域到塑胶冷却、停止流动整个时间段的等时线。因此在查看型腔局部的流动形态时多使用等时线。

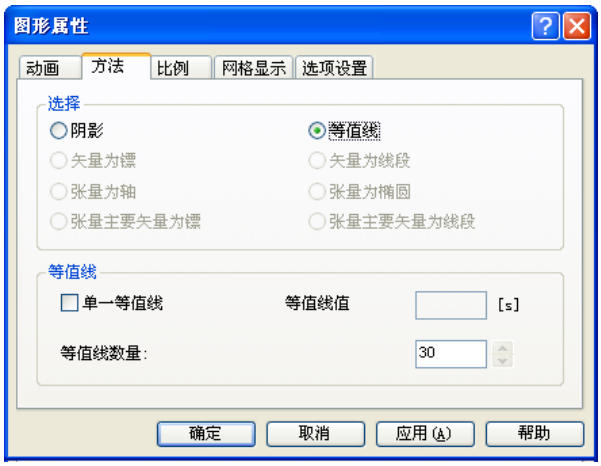


图 10-24　显示“方法”设置页面

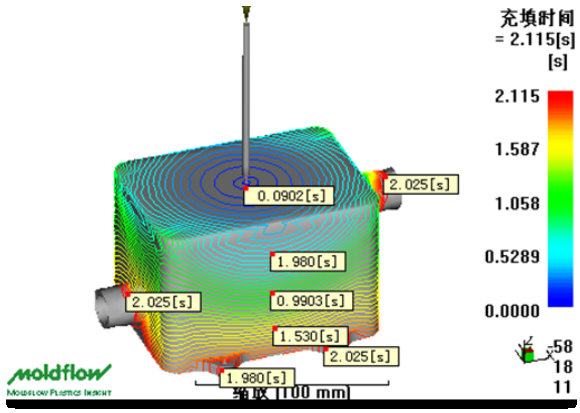


图 10-25　等值线显示方式

单击“比例”按钮，切换到显示“比例”设置页面，如图 10-26 所示。“全部框架”是显示整个范围；“每个框架”是显示平均结果值，这一项对某些结果不起作用；“指定”是显示设定显示范围。例如，我们可以只显示型腔的充填（不包括浇注系统）或型腔某一部分的充填。将“最小”（开始时间）设定为 0.5s，将“最大”（结束时间）设定为 1.5s。单击“确定”按钮。这时只显示 0.5s～1.5s 的充填，如图 10-27 所示。“扩充颜色”是将最小值的区域和最小值以前的区域统一以一种颜色显示。

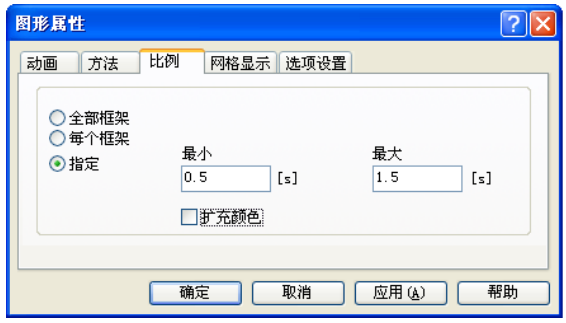


图 10-26　“图形属性之比例”设置页面

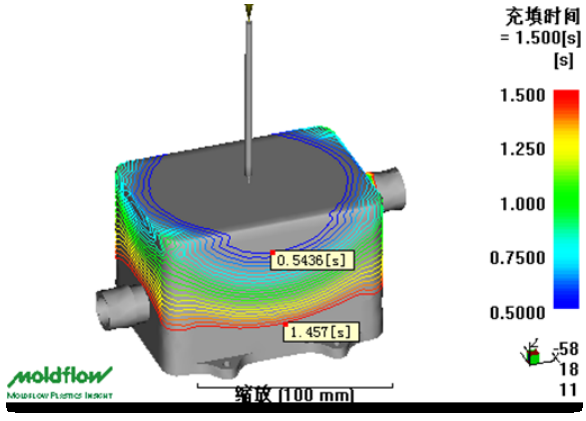


图 10-27　设定显示时间段

单击“网格显示”按钮，切换到“网格显示”设置页面，如图 10-28 所示。选择模型的显示效果。制品上单元边有三种显示效果。选中“关”表示不显示模型的特征线；选中“单元线”会显示网格的边界。单元曲面显示效果有两种，分别是“实体”态和“透明”态。选择模型“透明”显示时，还可以通过下面的文本框调节透明度的高低。可根据不同的分析结果选择最佳显示方式。



图 10-28　“网格显示”设置页面

单击“选项设置”按钮，切换到“选项设置”页面，如图 10-29 所示。“节点平均数”是

按料流到达网格上节点、以网格为单元显示充填的进程；“Gouraud 阴影”在模型有弧度的部位显示网格的真实排布情况，在网格交接面处不以平滑过渡显示。不勾选这两项时的显示效果和以平滑过渡的显示效果对比如图 10-30 所示。



图 10-29　“选项设置”页面

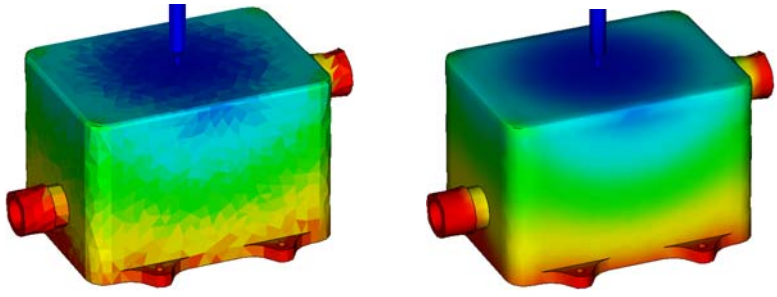


图 10-30　显示效果对比

“剖切平面”用于 3D 网格分析结果，可查询制品厚度上量的变化。“颜色”显示可在下拉框中选择单一颜色、平滑过渡或结合的显示方式，默认为“平滑”。“结合”为将整个量分为若干梯度，可以设定梯度的数量，每一个梯度的间隔相等。梯度显示和平滑显示效果对比如图 10-31 所示。系统默认的颜色显示顺序为“从蓝色到红色”，可以改为“从红色到蓝色”。

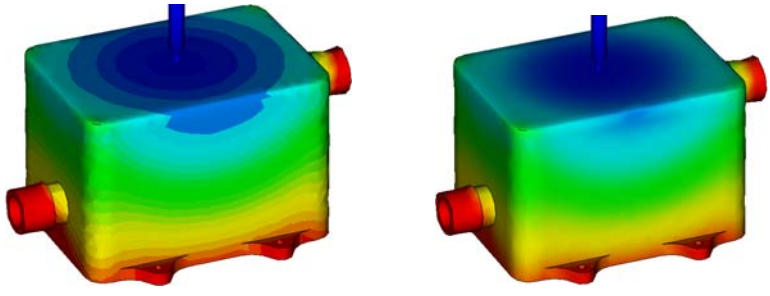


图 10-31　显示效果对比

2．速度/压力切换时的压力

案例中制品速度/压力切换时的压力为 64.6MPa，也就是速度控制向压力控制转换时的最高射压值。从图 10-32 可以看到当熔融塑胶充填到深蓝色区域与灰色区域交接处时出现 V/P 转换。当前所有已充填部分，也就是已着色部分，均是在速度控制下完成充填的。灰色区域为未充填区域，也就是型腔最末端的这一部分将在压力的控制下完成充填。根据 V/P 点转换时的压力输出可以为注塑机台设置多段压力提供很有价值的参考。

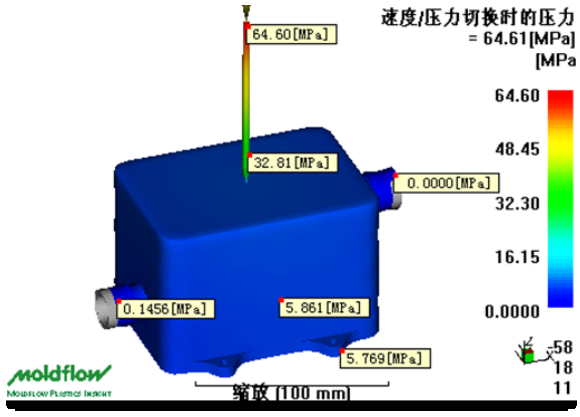


图 10-32　速度/压力切换时的压力

3．流动前沿处的温度

熔融塑胶流经型腔不同位置时的温度显示，如图 10-33 所示。塑胶流经较薄的区域，会因流动受阻、流速下降而加剧温度下降，如果温度下降的幅度比较大，可能会产生滞流；如果温度降到凝固点以下，就会出现短射。这时应适当提高熔温、模温，提高射压，加快射速，增大剪切作用，增加摩擦热和剪切热，减缓塑胶的冷却。同时也不能使塑胶分子受到过强的剪切作用，以防局部过热分解，使制品出现表面缺陷，降低制品机械强度，缩短使用寿命。所以应使熔融塑胶的温度一直处于“加工工艺”推荐温度的范围之内。从右侧的显示可以看出，最高温度为 251℃，最低温度为 248.1℃，在成型参数中设置的熔温为 250℃，说明塑胶在流动的过程中未出现大的温度波动和局部过热现象，充填比较顺利。

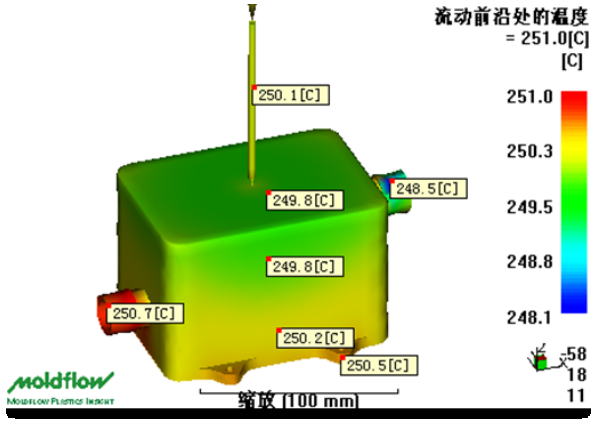
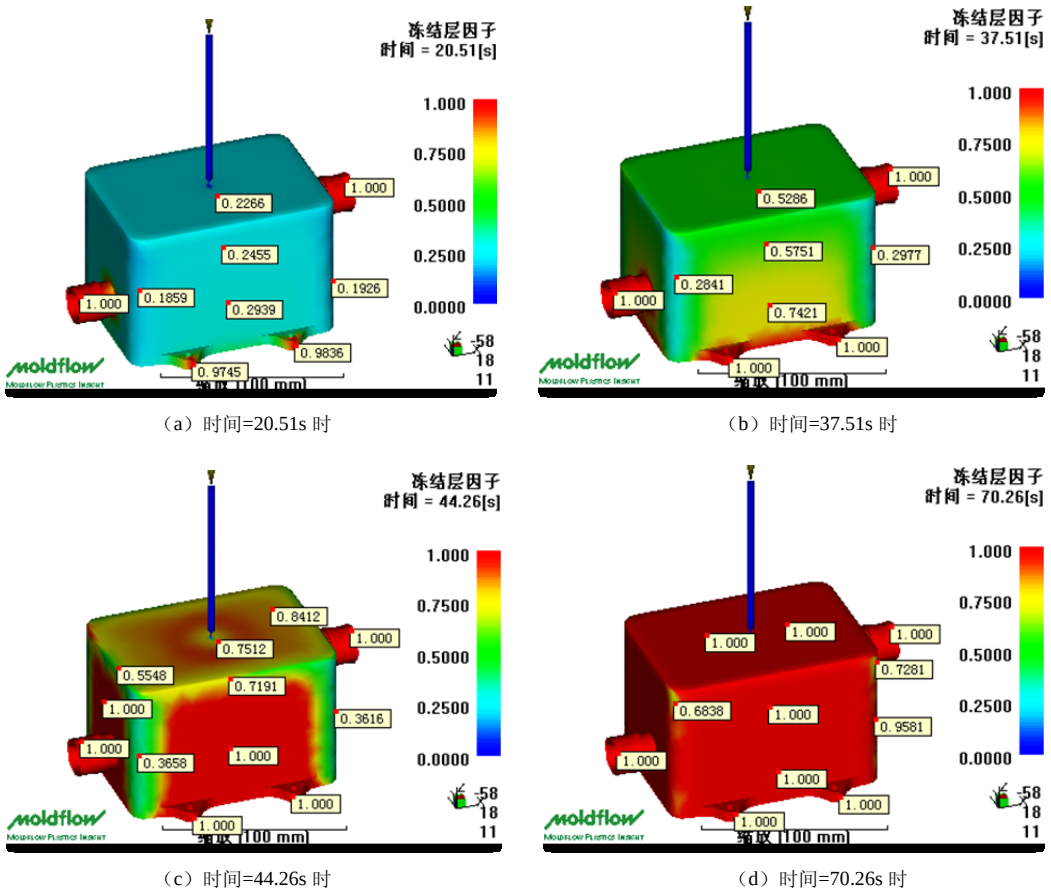


图 10-33　流动前沿处的温度

4．冻结层因子

冻结层因子用于查看制品和浇口凝固的先后顺序和凝固的时间，因此可以根据显示结果设置保压。浇口的凝固速率不能太快，这样制品才可以得到充分的保压。充足的补缩时间可以消除制品缩水，改善制品翘曲。浇口又不能凝固得太迟，否则切断保压压力后，型腔内的塑胶会产生回流，制品同样会缩水，使保压失去效用。浇口更不能凝固得太早，在熔融塑胶开始凝固时体积会产生收缩，如果这时浇口已凝固，那么型腔内得不到足够的补收缩的塑胶，制品没有被压实，成型后制品将出现诸多问题。所以在浇口凝固前应确保制品得到充分补收缩和压实，在保压结束前应确保浇口已凝固完全，不会使型腔内塑胶产生倒流。根据制品和浇口的凝固时间，可以在机台上设定合适的保压时间。如图 10-34 所示的四幅图显示的是制品不同部位在成型中四个阶段的凝固程度。



（a）时间=20.51s 时　　（b）时间=37.51s 时

（c）时间=44.26s 时　　（d）时间=70.26s 时

图 10-34　冻结层因子

5．缩痕指数

缩痕指数显示的是制品不同部位缩水的百分比，如图 10-35 所示。查看右侧显示的数据，红色代表缩水比率最高的部位，在制品的四个拐角处。拐角处是热量集中区域，冷却速率最慢。从型腔中取出后在没有外力的约束下，收缩的指数是最高的。

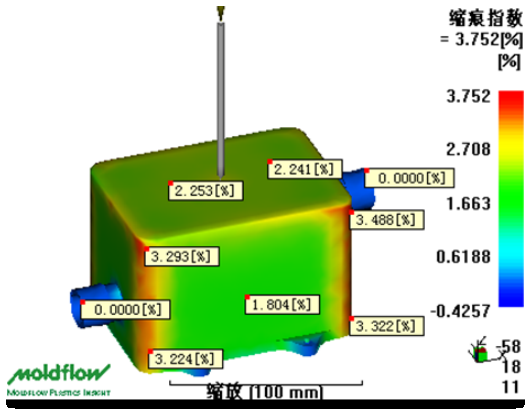


图 10-35　缩痕指数

如果窗口右侧显示的缩水值很高，应该对这些红色部位的肉厚做出相应修改，否则在生产中可能也很难克服制品局部缩水。如果为了消除缩水而过高增大保压值，一是增大型腔对制品的包紧力，在顶出时黏膜刮伤，降低制品良率；二是还会产生过多残余应力，如果在冷却阶段无法消除，便会被冻结到制品内，脱离型腔后会在释放的过程中使制品翘曲或开裂。对于一些对应力敏感的塑胶、如 PC、PS 应特别注意，能用敞开式浇口就别用限制性浇口。

6．体积收缩率

均匀的体积收缩可以避免制品出现过大翘曲；当制品整体收缩值差异很小时，制品基本上以模具型腔放缩水值收缩，翘曲变形量非常小。制品体积收缩率和缩痕指数是相对应的，如图 10-36 所示，收缩值较大的部位容易产生缩水。为了得到比较平均的收缩值，应注意浇口充填的平衡性和制品整体冷却均匀性，如果允许可以修改制品局部肉厚过厚处。

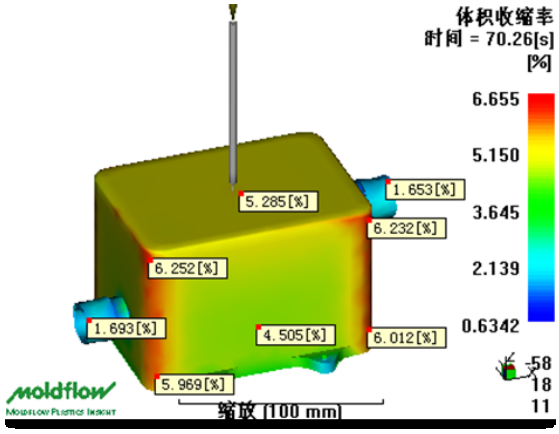


图 10-36　体积收缩率

7．气穴

制品气穴的分布如图 10-37 所示。先看一下气穴的形成。叠加“气穴”结果到“充填时间”。首先在主窗口显示“气穴”结果。编辑“气穴”显示效果。单击右键，在弹出的快捷菜单中选择“属性”指令，在“图形属性”对话框中先在“加亮”页面单击“选择”按钮，将气穴的颜色改为白色，如图 10-38 所示。

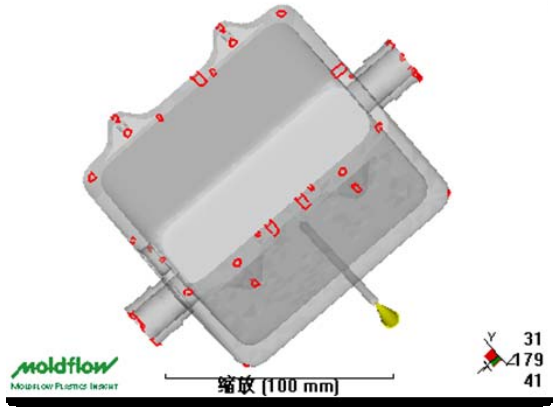


图 10-37　气穴



图 10-38　改变显示颜色

单击“网格显示”按钮，使“单元曲面显示”为“透明”态。这样和充填时间叠加时才不会出现晕染。单击结果显示列表中“充填时间”，单击右键，选择“叠加”指令。编辑“充填时间”显示效果，以等值线显示，如图 10-39 所示。单击“动画”按钮，可以看到塑胶从下向上流动，将型腔内的气体逐渐推到型腔最低端。再看最后充填的区域，从图上的显示可以看出一定要在型腔最后充填的区域增加排气，否则可能会因为传递到此处的压力不够高而无法将气体排除，或形成死角，使制品在这里出现缩水。另外在分流道末端也应开设排气槽，不要把流道内气体赶到型腔里，避免熔融塑胶在流动的过程中受到较大阻力。对于与本制品模腔类似的一些深腔制品模腔，可以采用分割入子的成型机构加强局部排气。

为了得到准确的气穴位置分析结果，应使模型的网格细密、均匀、匹配率高；如果网格过于稀疏、不规则，则气穴位置的预测是不可靠的。所以针对此制品，在划分网格之初便采用了一个小于推荐值的三角形边长值，就是为了得到质量上乘的网格。

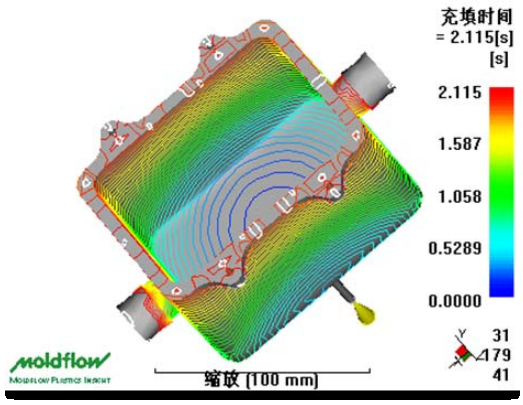


图 10-39　气穴的形成

8．熔接痕

由图 10-40 可以看到，制品上的熔接痕多出现在孔边。另外在制品的四个顶角处也有细小熔接痕（可以通过它们的聚合角度看出）。先看一下熔接痕的形成。叠加“熔接痕”结果到“充填时间”。可以看到熔接痕出现在料股汇合的地方。如图 10-41 所示，在制品三个侧面顶部的转角处，出现三面料流，因流速的差异，流股的左右两侧流得较快，中间流动较慢，产生凹状的流动前沿，最后在顶角处汇合，在此处形成细小熔接痕。很多制品表面上的熔接痕就是这种形状的流动前沿形成的。如果熔接痕特别明显，就要改变变浇位置或改善制品肉厚，获得平滑的流动前沿。

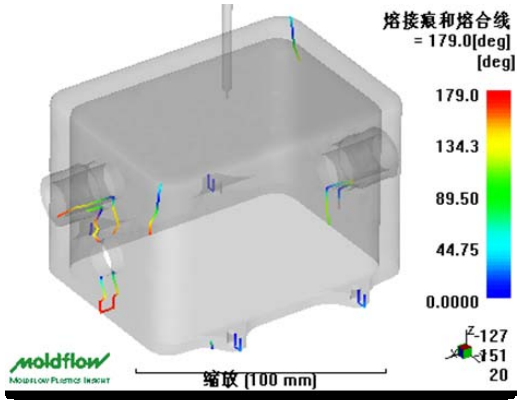


图 10-40　熔接痕

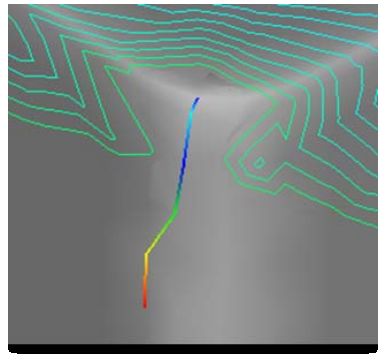


图 10-41　熔接痕的形成

选择“结果”下拉菜单中“新建定制图”指令，在对话框中改变显示的最大聚合角度，可以查看不同的聚合角度对熔接痕长度的影响。

为了得到准确的熔接痕位置分析结果，应使模型的网格细密、均匀、匹配率高；如果网格过于稀疏、不规则，则熔接痕位置的预测是不可靠的。

9．锁模力

图 10-42 显示的是在整个成型过程中需要的锁模力值。单击“查寻结果”按钮，可以看到在接近 6.9s 时锁模力值最高，为 70t。锁模力的显示结果为选择机台规格提供了很好的参考。另外还应注意机台的塑化量是否可以满足成型制品的质量。

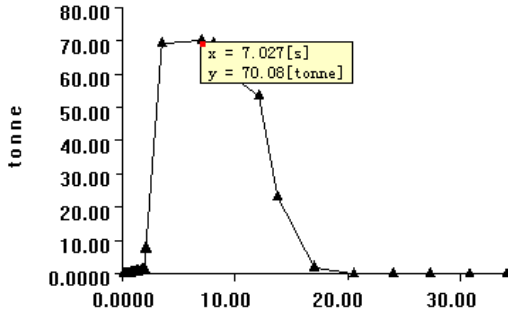


图 10-42　锁模力

10．推荐的螺杆速度

很多成型缺陷都是由于塑胶在型腔内流动不平稳造成的。推荐的螺杆速度曲线图（图 10-43）可以为调机有很高的参考价值，有助于获得平稳的料流前沿，避免残余应力过高，改善翘曲。

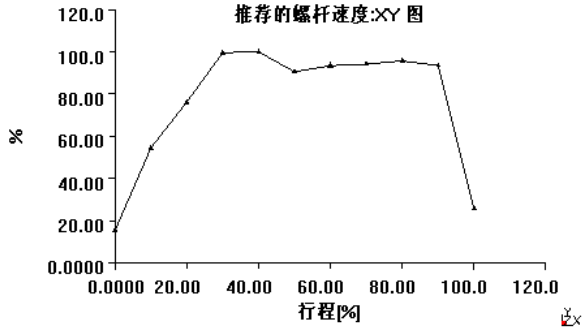


图 10-43　推荐的螺杆转速

10.1.7　主要的冷却分析结果

单击案例浏览区“冷却”资料夹，弹出冷却分析结果列表，如图 10-44 所示。



图 10-44　冷却分析结果列表

1．制品温度

制品不同部位温度差异，尤其是型芯和型腔温差较大是引起制品翘曲、延长成型周期的主要原因。如果制品上存在过热点或过冷点，应考虑重新调整冷却管道的排布，使制品整体温度不超过冷却液入口处温度的 10℃～20℃。当制品整体温差较小时，可以使制品不同部位的收缩速率趋于一致，这样可以有效减少翘曲变形量。

案例中，制品腔内四个转交处温度明显高于其他部位。转角处往往是高热量集中区，限于模具的结构，很难被完全冷却到位，实现和其他区域的同步冷却。由于这四个转交处的温度在成型结束后和室温差异最大，所以这里的收缩值也明显高于其他区域，甚至出现缩水，如图 10-45 所示。

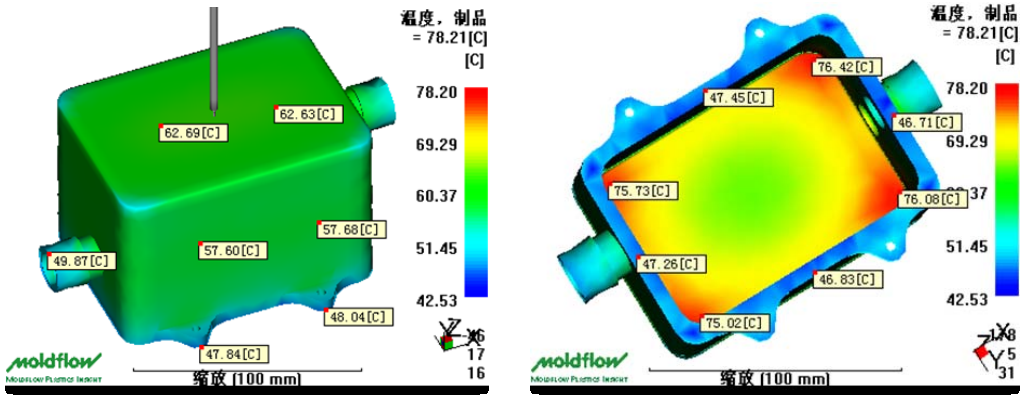


图 10-45　制品温度

2．模具温度

模具温度显示的是和制品表面接触的模壁温度，是显示型腔内温度分布均匀性的一个重要结果，如图 10-46 所示。模腔表面温度尽可能均匀分布。制品上下表面的温度和目标模具温度差值不宜超过±10℃；模腔表面的温差不宜超过 10℃，同时不宜高出冷却液温度 5℃。

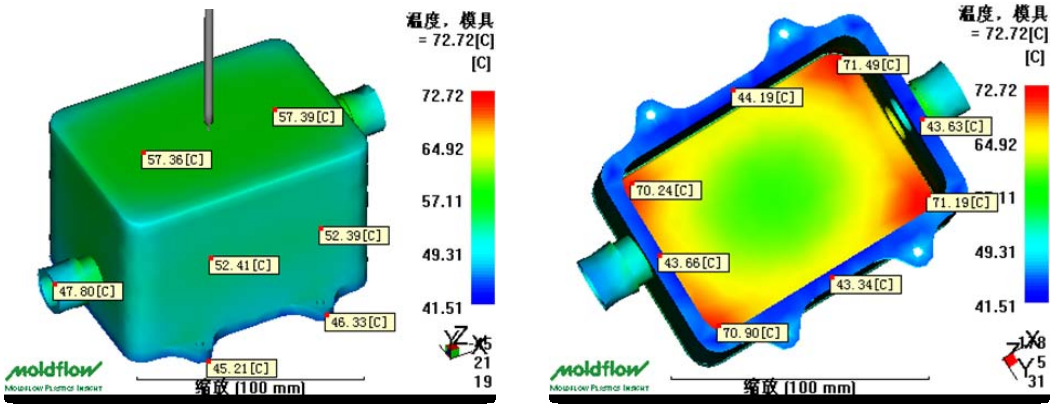


图 10-46　模具温度

案例中，模腔在制品腔内四个转交处的温度明显高于其他区域，表征经过冷却阶段后制品这个部位的热量仍然最多。制品顶出后，脱离模腔的限制，高温区域的收缩明显高于其他部位。

3．回路冷却介质温度

回路冷却液的温度变化幅度不应超过 2℃～3℃。由图 10-47 可以看出，案例中各管道冷却液温度变化幅度不大。

如果需要具体查看每条冷却管道温度的变化范围，单击案例浏览区“工艺”，用鼠标将主窗口下边缘向上拖动，查看冷却分析输出结果，如图 10-48 所示。

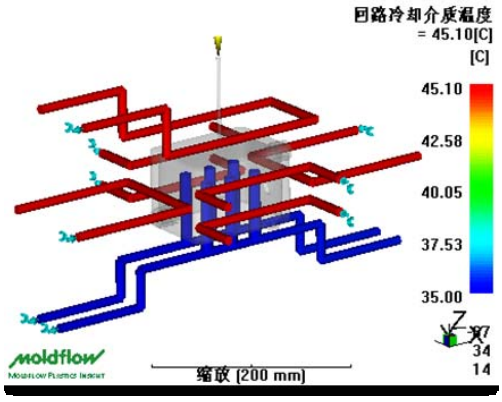


图 10-47　回路冷却介质温度

冷却介质温度

进水口节点	冷却介质温度范围	冷却介质温度升高在回路上
6951	35.0 - 35.5	0.5 C
6946	35.0 - 35.5	0.5 C
21531	44.9 - 45.0	-0.1 C
21158	45.0 - 45.1	0.1 C
21176	45.0 - 45.1	0.0 C
21475	44.9 - 45.0	-0.1 C
21123	45.0 - 45.1	0.1 C
21141	45.0 - 45.1	0.0 C
6928	44.9 - 45.1	0.0 C

图 10-48　冷却介质温度变化

4．回路管壁温度

管壁温度范围比较大，接近 5.5℃，如图 10-49 所示。管壁温度升高最明显的地方出现在隔水板上方。制品的底面一方面由于靠近热嘴，另一方面又是深腔的底部，所以是热量集中区域，需加强冷却。隔水板水路的管壁温度由 35.42℃升至最高温度 40.93℃，如图 10-50 所示。

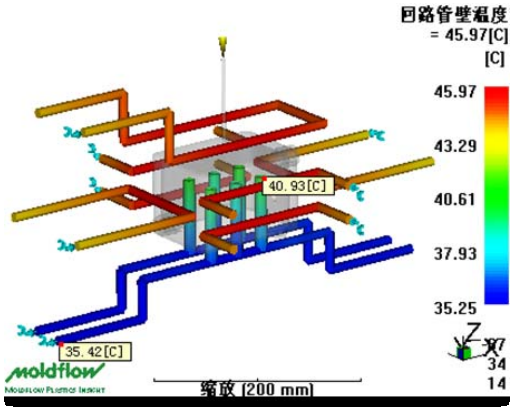


图 10-49　回路管壁温度

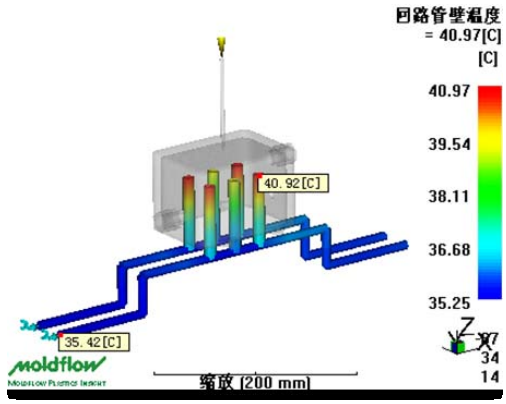


图 10-50　隔水板关闭温度变化范围

5．制品冻结时间

制品上凸出的接口部分由于散热快，冷却速率最快；制品的五个侧面冷却时间差异不大，均以绿色和蓝色显示；四个拐角处冷却较慢，尤其是四个顶角处，是最后冷却的，如图 10-51 所示。制品上的热点主要集中在一些难以被有效冷却到的部位，如本案例中的四个顶角处。为了提高生产效率，缩短成型周期，可以不必等到这些部位完全冷却，只要制品整体强度足够，即可开模顶出。但顶出后需保证这些部位不会出现明显的缩水和制品尺寸稳定性。

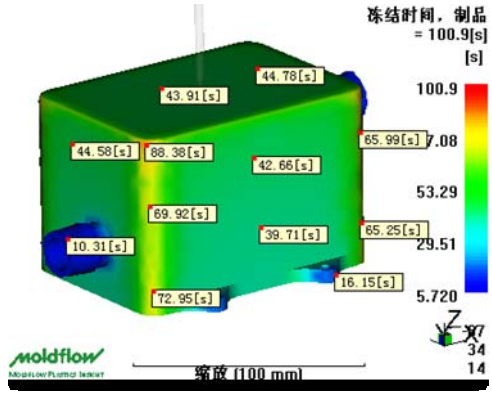


图 10-51　制品冻结时间

6．制品平均温度

制品平均温度显示的是冷却结束时，制品厚度上的平均温度值。案例中采用的塑胶材料的顶出温度为 100℃。从图 10-52 可以看出，制品的绝大部分区域温度在 100℃之下，只有四个顶角处温度最高达到 103℃，略高于顶出温度。

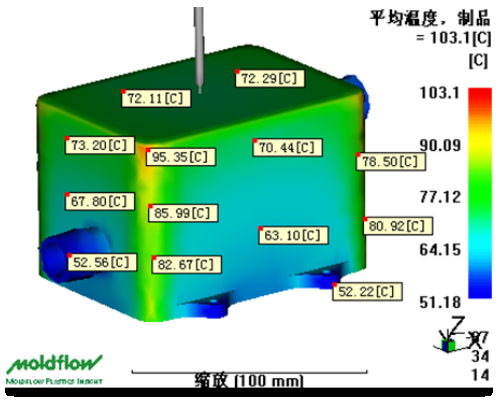


图 10-52　制品平均温度

当制品局部肉厚较厚或流道较粗时，使这些部位完全降至目标顶出温度会大大延长成型周期。对于多数制品来说，制品凝固率达到 80%、流道凝固率达到 50%时就可开模顶出。因此，只要制品上绝大部分部位的平均温度在冷却结束时降至顶出温度以下，只有少部分区域温度略高于顶出温度，也可开模顶出。这样可以有效缩短成型周期，提高生产效率。

7．回路热去除效率

显示冷却管道的冷却效率。以从模具中带走的热量为量度，传递热量最多的那一部分管道热去除效率为 1，传递热量次之的管道依次降低热去除效率。

影响冷却管道除热效率主要有：① 冷却管道距制品的距离，距离越近，传热效率越高；② 雷诺数，雷诺数越高，传热效率越高；③ 冷却液与管壁之间的温差，温差越大，传热效率越高。

可以从回路热去除效率结果观察冷却管道的排布和冷却液的温度是否合理，是否可以起到最佳冷却效果。

从图 10-53 可以看到，位于母模侧、接近热浇口的管道和位于公模侧、冷却型芯的隔水板单元除热效率最高，为红色；冷却制品带接口侧的管道单元除热效率次之；冷却另两侧平面的管道单元热效率又次之。但总体来说它们的冷却效率还是很高的。那些距离型腔较远的管道单元，冷却效率大大降低，但作为连接模具外进水口和出水口的通道，它们的存在是必需的。

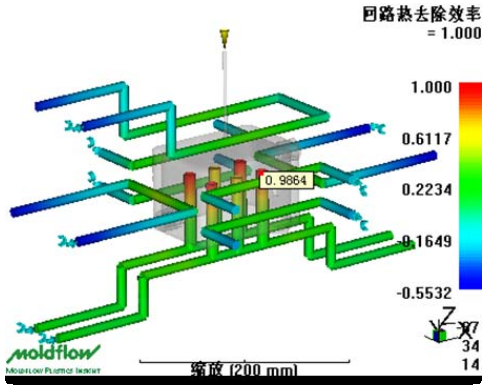


图 10-53　回路热去除效率

如果在某些热量高的区域冷却管道排布太过稀疏，会使通过这些区域的冷却管道除热负载太大，无法在短时间内带有多余的热量。这时应考虑加冷却密管道排布。

如果经过热量明显较多区域的冷却管道除热效率很低，说明冷却管道并未起到应有的冷却作用，应修改管道的布局和冷却液属性；冷却管道的除热效率接近于零，且位于低热量区，说明它们几乎没有参与冷却。如果不是作为必需的运水通道，可以考虑将它们取消掉。

10.1.8　主要的翘曲分析结果

单击案例浏览区“翘曲”资料夹，弹出翘曲分析结果列表，如图 10-54 所示。

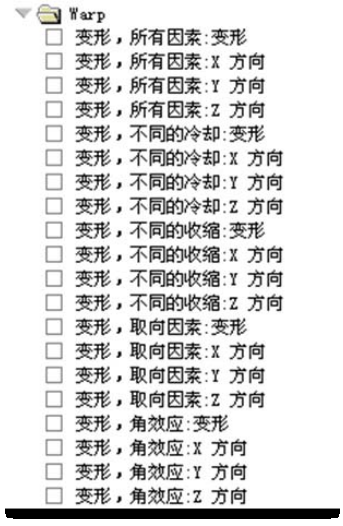


图 10-54　翘曲分析结果列表

1．制品总变形量

总变形量显示的是模型上每一点的空间变形量。模型上变形量最大的部位在两个定位凸耳中间，呈红色显示。单击右键，在弹出的菜单中选择“属性”指令，弹出“图形属性”对话框，单击“变形”按钮，如图 10-55 所示。在“比例因子”文本框中输入 5，使模型翘曲效果以 5 倍显示。如果已建立锚面，可以选择“显示锚平面”。一般使“具有未变形产品重叠”处于常选状态，作为参照基准。



图 10-55　“图形属性”对话框

单击“结果查询”按钮，弹出“变形查询”对话框。单击位于侧面敞口处变形量最大的两点，如图 10-56 所示。

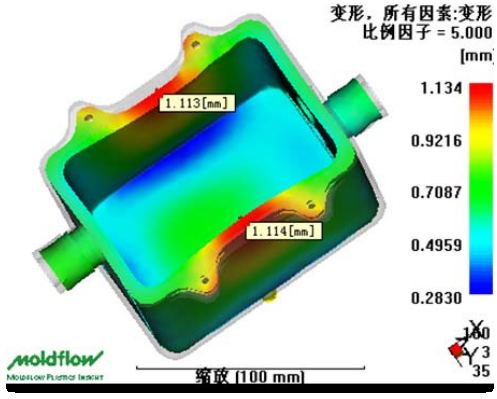


图 10-56　制品总变形量

在“变形查询”对话框里的上半部分显示的是这两个节点的序号、变形前的空间坐标值、变形后的空间坐标值以及变形量，下半部分显示的是这两个节点变形前的距离、变形后的距离、空间相对坐标值以及由此计算出的收缩量，如图 10-57 所示。

如果制品是放过缩水的，可以查看变形后两个节点的距离是否在制品管控尺寸范围之内。

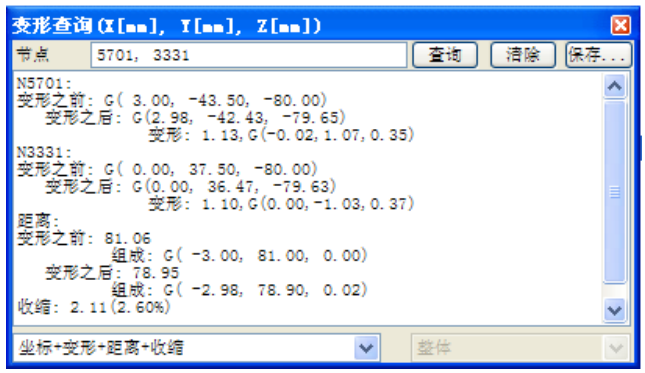


图 10-57 “变形查询”对话框

以上观察制品翘曲采用的是系统默认的“最适合”方式，如果需要通过其他标准观察制品的翘曲，单击菜单栏“结果”按钮，在其下拉菜单中选择“翘曲结果查看工具”指令，弹出“翘曲结果查看工具”对话框，如图 10-58 所示。一共有 5 种定义翘曲值的方式，经常用到的有以下两种。

（1）锚。定义锚面。首先选择一项翘曲显示结果。在模型上选择三个节点或在文本框里输入三个节点的序号来定义锚面。注意这三个点不能位于同一条直线上。第一个节点作为锚的中心点，第二个节点只有在 *x* 向的位移自由度，第三个节点只有在 *x*、*y* 向的位移自由度。单击“应用”按钮，如图 10-59 所示，模型上节点的变形量均以锚面为基准。单击“新建”按钮，可以定义新的锚面。单击“管理锚平面”按钮，弹出“锚”管理对话框，如图 10-60 所示。在这里可以对锚面进行激活、删除和重命名操作。

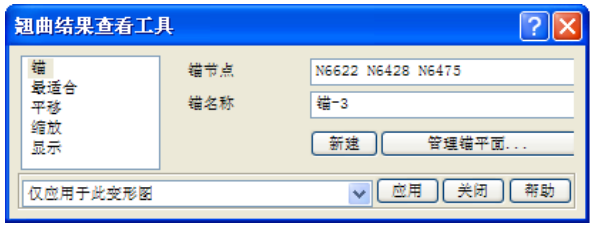


图 10-58 “翘曲结果查看工具”对话框

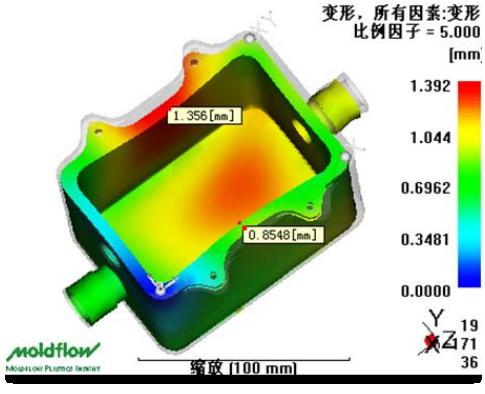


图 10-59 定义锚面后模型的总变形量

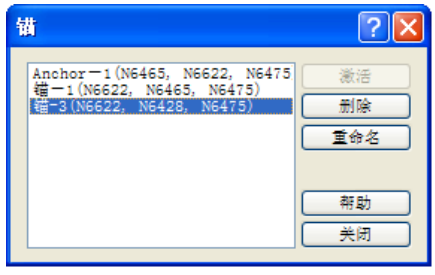


图 10-60 “锚”管理对话框

（2）最合适式。默认的模型翘曲值显示方式，将变形后的模型相对于未变形的原模型向后移。最适合式可以很好地显示制品变形形态。可以选择以所有变形前的节点为参照，或指定原模型上部分节点为参照点，显示模型变形后的形态，如图 10-61 所示。

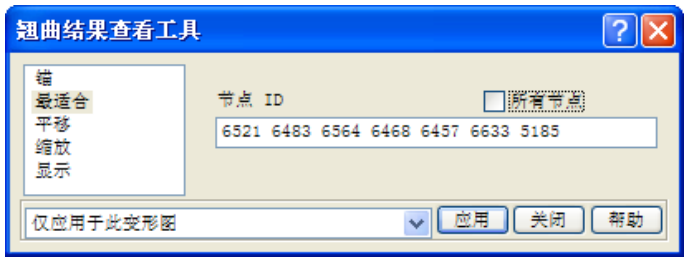


图 10-61　“翘曲结果查看工具”设置对话框

2．制品 *x* 向变形量

将视角切换到俯视图，如图 10-62 所示。制品在 *X* 向的翘曲量为-0.6229mm～+0.7409mm。制品通过四个定位凸耳上的通孔实现与其他部件的装配，因此四个通孔的中心距离是重点管控尺寸。单击“建模”工具条中“查询实体”按钮，单击图 10-62 中确定两通孔在 *X* 向距离的两个节点，它们的序号出现在对话框的文本框里。将这两个节点的序号复制下来。重新勾选 *X* 向翘曲结果。单击“结果查询”按钮，将复制的节点序号输入“变形查询”对话框，单击“查询”按钮，出现图 10-63 的查询结果。两个节点的距离变形前为 60mm，变形后为 59.36mm，收缩 0.64mm，收缩率达 1.07%。

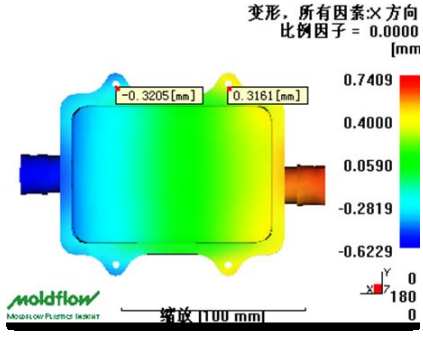


图 10-62　制品 *X* 向变形量

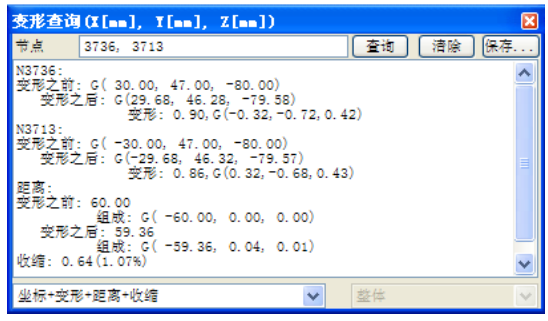


图 10-63　“变形查询”中 *X* 向管控对话框

3．制品 *y* 向变形量

图 10-64 为制品 *Y* 向翘曲变形量，指四个通孔在 *Y* 向的距离变化。单击“建模”工具条中“查询实体”按钮，单击图 10-64 中确定两通孔在 *Y* 向距离的两个节点，它们的序号出现在对话框的文本框里。将这两个节点的序号复制下来。重新勾选 *Y* 向翘曲结果。单击“结果查询”按钮，将复制的节点序号输入“变形查询”对话框，单击“查询”按钮，出现图 10-65 的查询结果。两个节点的距离变形前为 94.00mm，变形后为 92.57mm，收缩 1.43mm，收缩率达 1.52%。

从图 10-64 可以看出，*Y* 向是制品的主要变形方向。制品上变形量最大的部位在两凸耳中间，呈内陷凹状。

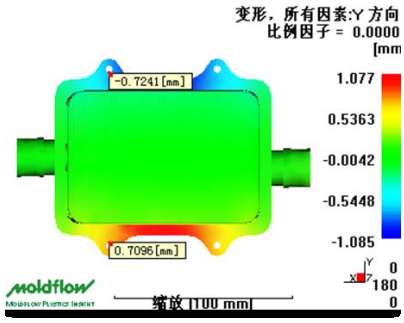


图 10-64　制品 *Y* 向变形量

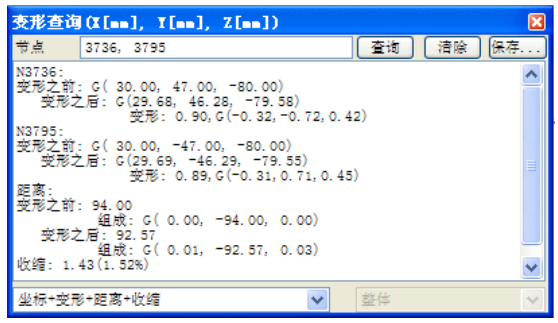


图 10-65　“变形查询”之 *Y* 向管控对话框

4．制品 *z* 向变形量

图 10-66 为制品 *Z* 向翘曲变形量，图 10-67 为 *Z* 向管控尺寸。

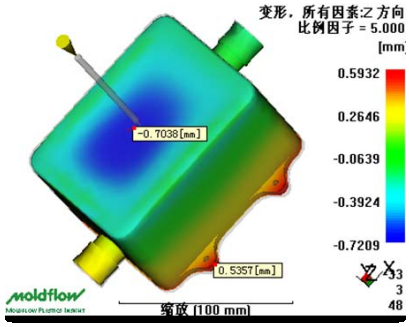


图 10-66　制品 *Z* 向变形量

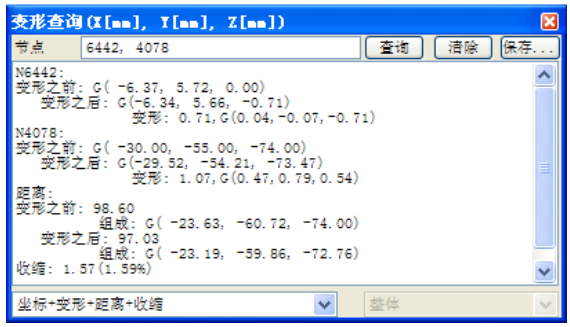


图 10-67　“变形查询”之 *Z* 向管控对话框

5．引起翘曲变形的独立因素

图 10-68 显示的是引起翘曲变形的各项独立因素。其中收边角效应和收缩差异是引起翘曲的主要因素。

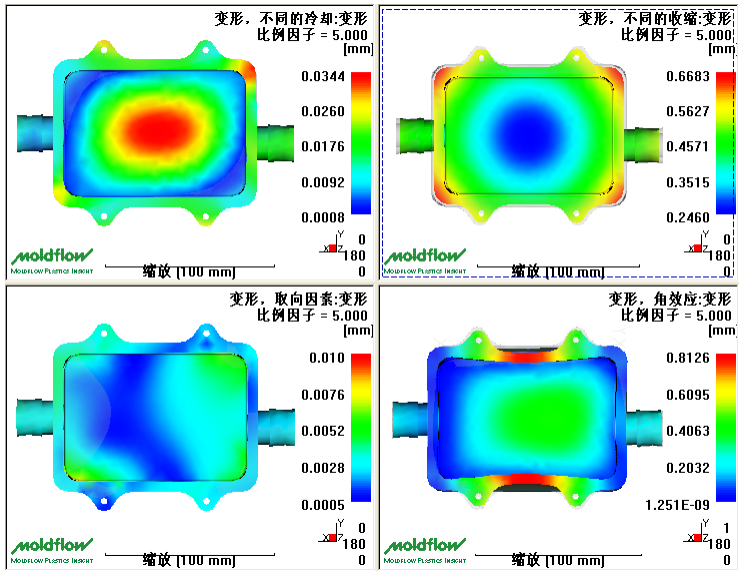


图 10-68　引起翘曲变形的独立因素

为了降低边角效应的影响，建议调整机台工艺参数时参照推荐的螺杆转速，有助于获得平稳的料流前沿，避免残余应力，改善翘曲。

10.2　改善制品翘曲变形范例

在冷却+流动优化后，进行初次翘曲分析。如果得出的翘曲值偏大，则应在此基础上寻找引起翘曲的原因。找到翘曲的原因后，再从优化成型参数或调整冷却方案这两处着手，使制品翘曲值降至可接受的范围内。

10.2.1　引起翘曲的原因

从图 10-68 引起翘曲变形的独立因素和其他显示结果可以看出，边角效应和收缩不均是引起制品翘曲的主要原因。

收缩不均引起的翘曲主要位于制品四个转角处及腔底大部分区域，从其他分析结果可以观察到，这些区域是热量集中区域，冷却结束后温度依然明显高于其他部位，但限于模具结构和成型零部件的强度，无法使冷却管道非常靠近转角区域。

制品四个侧面敞口边缘地带冷却速率明显快于转角处和腔底面，仅次于凸出的接口和定位凸缘。而制品的造型决定了四个敞口侧面边缘部位受到的约束最少，应力在释放的过程中总是倾向于在约束最少、最薄弱的区域进行，所以这些部位受边角效应影响最为明显，翘曲值最大。

10.2.2　改善措施

在得出引起翘曲的主要原因后，我们从以下方面着手改善：

（1）加强制品四个转角处和腔内底面的冷却，减少制品整体温差，缩小高温区域的面积；

（2）冷却管道尽量避开侧面敞口边缘部位，对这些部位实行缓冷；

（3）从整体优化冷却管道的排布，使制品内部应力在冷却阶段均匀释放；

（4）在实际成型中，建议参照推荐的螺杆转速曲线图，以获得平稳、匀速的料流，减少制品内部应力的产生。

为了达到以上的改善效果，现对冷却管道排布做如下调整：

改变制品顶部管道的走向，同时增加两排管道，强化制品底部的冷却，如图 10-69 和图 10-70 所示。

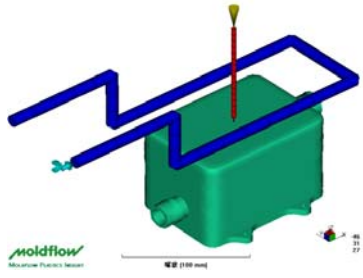


图 10-69　改善前

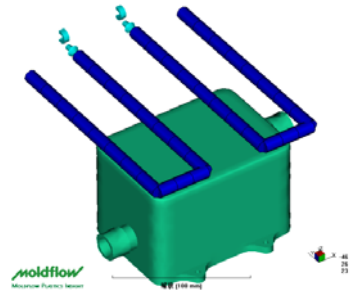


图 10-70　改善后

如图 10-71 和图 10-72 所示，将侧面冷却管道向上移，以偏离侧面敞口边缘部位和接口处；将冷却型芯的隔水板由两排改为三排，并向下加长隔水板的长度，以偏离侧面敞口边缘部位。

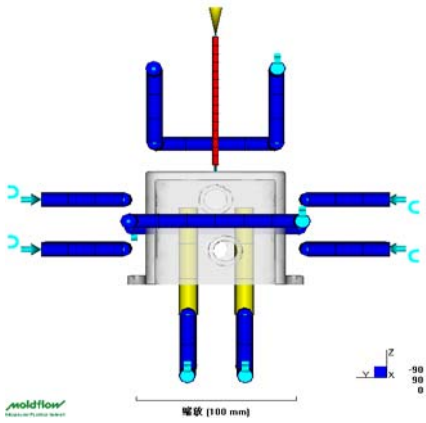


图 10-71　改善前

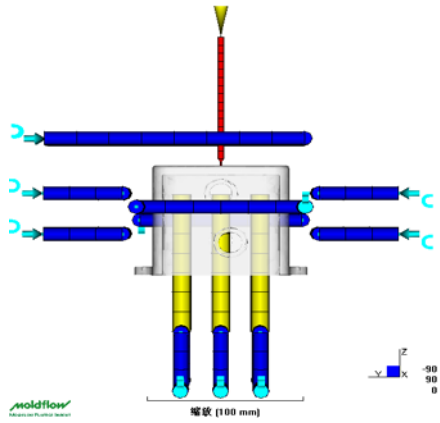


图 10-72　改善后

改善后，制品的水路排布如图 10-73 所示。

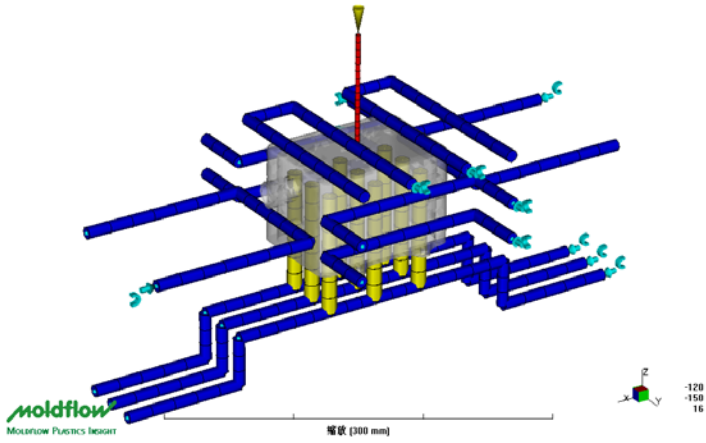


图 10-73　改善后水路排布

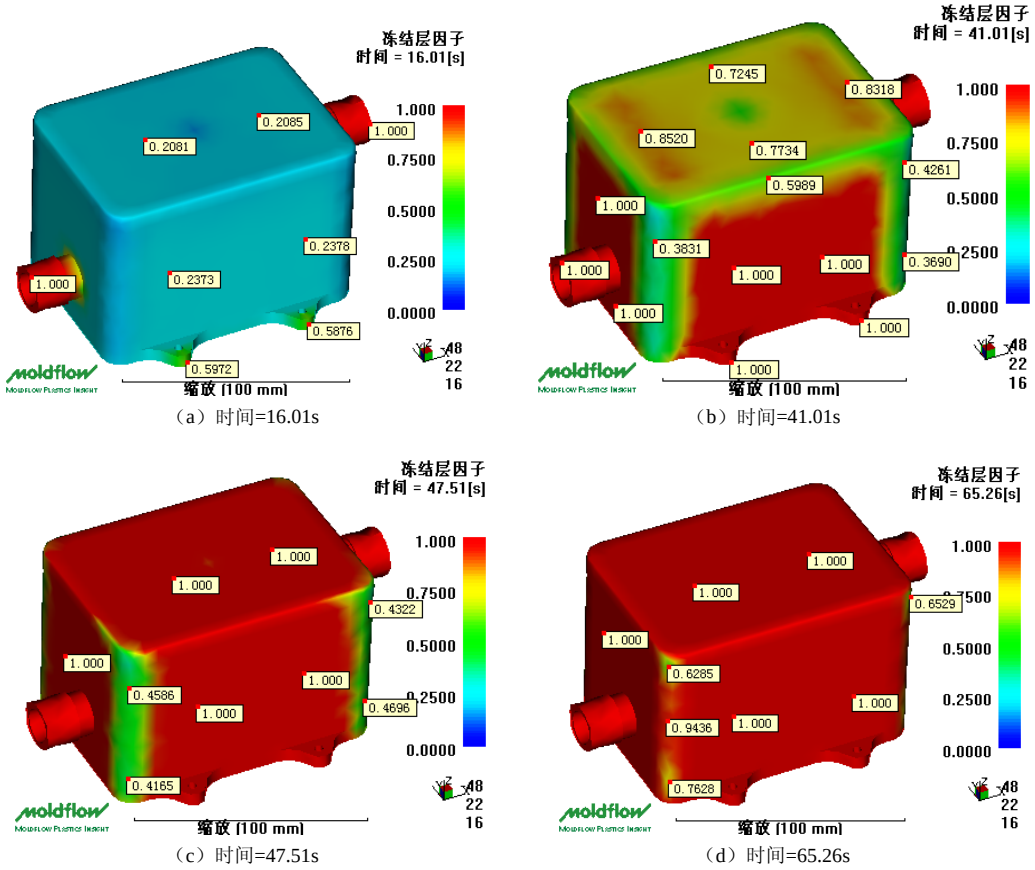
从图 10-73 可以看出，由于制品的四个内顶角处必须加强冷却，所以将四个隔板水路尽可能地靠近这些区域。但这样做就使得隔板同时也靠近了制品的内侧面。由于制品的内腔比较深，隔板不可避免地会使热量相对较少的内侧面下方部位冷却速率加快。所以在改善时，应斟酌改变后的利弊，如果效用远远大于负面作用，才能执行。

10.2.3　改善效果

现在我们来查看优化水路排布后，制品在成型质量上的变化。

1）冻结层因子

冻结层因子的变化如图 10-74 所示。



（a）时间=16.01s　（b）时间=41.01s

（c）时间=47.51s　（d）时间=65.26s

图 10-74　冻结层因子

2）缩痕指数

缩痕指数范围为−0.56%～3.2%，如图 10-75 所示。

3）体积收缩

体积收缩率为 0.58%～6.80%，如图 10-76 所示。

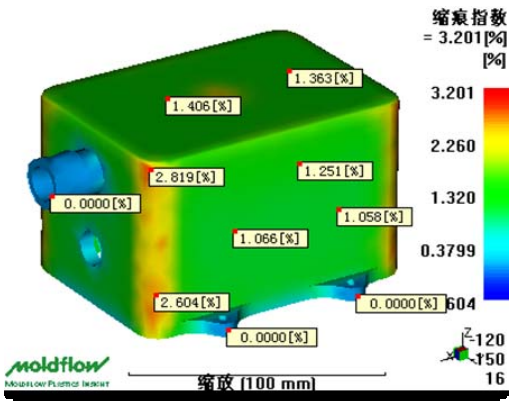


图 10-75　缩痕指数

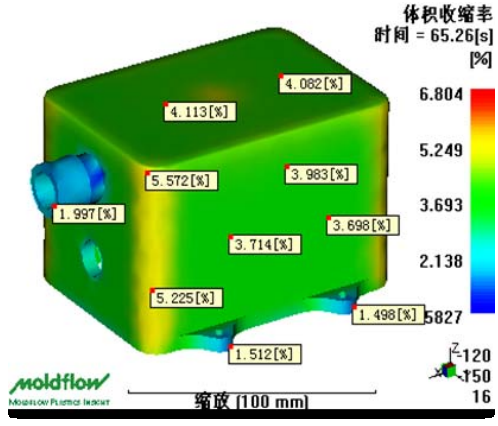


图 10-76　体积收缩率

4）制品温度

制品温度变化范围为 40.79℃～64.42℃，如图 10-77 所示。

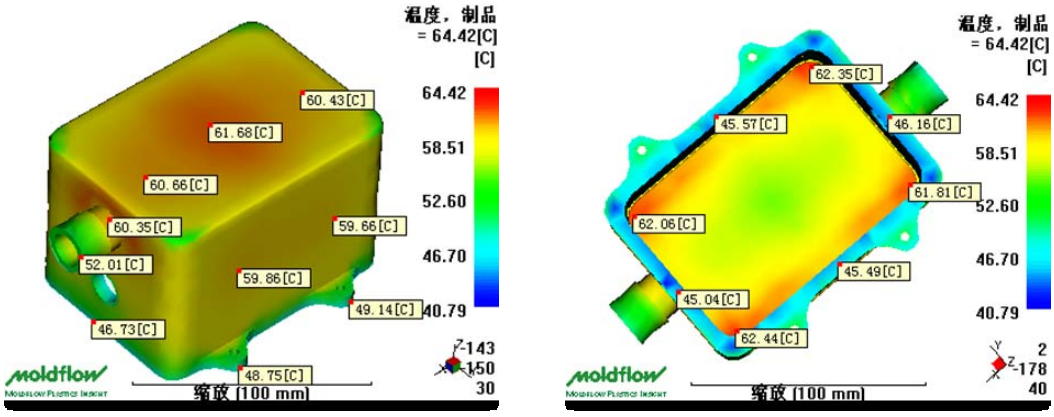


图 10-77　制品温度

5）模具温度

模具温度变化范围为 39.54℃～63.47℃，如图 10-78 所示。

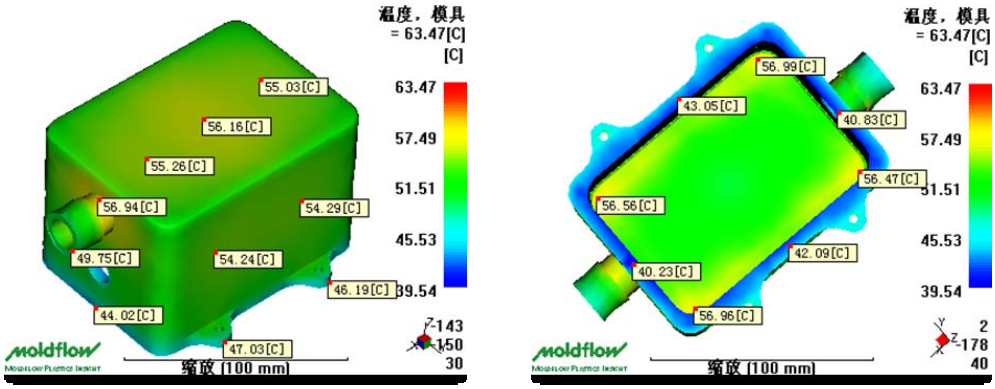


图 10-78　模具温度

6）冻结时间

制品大部分区域的凝固时间在 41s 左右，如图 10-79 所示。

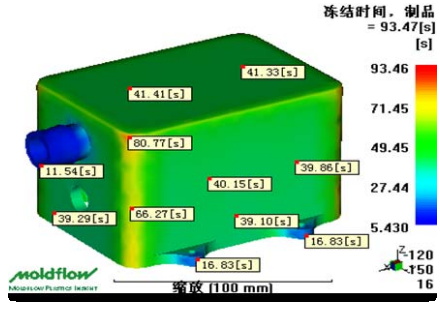


图 10-79　制品冻结时间

7）制品变形量

制品的最大变形量已经降为 0.89mm。制品在三个轴向的变形量如图 10-80 所示。

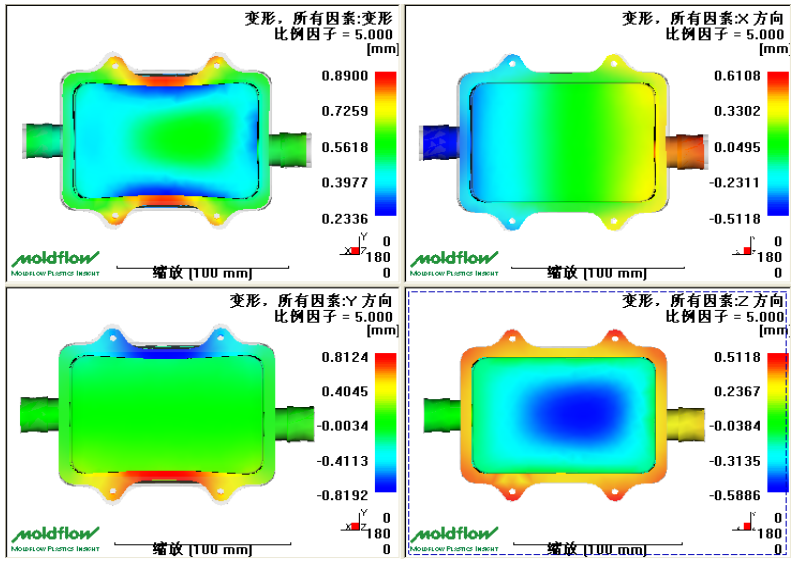


图 10-80　制品变形量

以下是制品在两个主要方向 *X*、*Y* 向的变形量。图 10-81 为制品 *X* 向的变形量，图 10-82 为两个定位孔 *X* 向的中心距离在改善前后的变化，图 10-82 为制品 *Y* 向的变化量，图 10-83 为两个定位孔 *Y* 向中心距离在改善前后的变化。

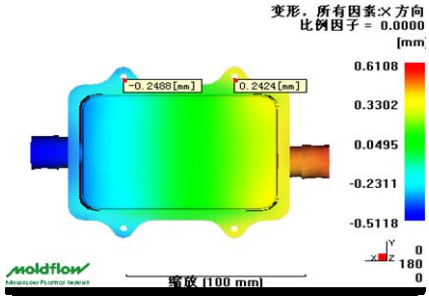


图 10-81　*X* 向变形

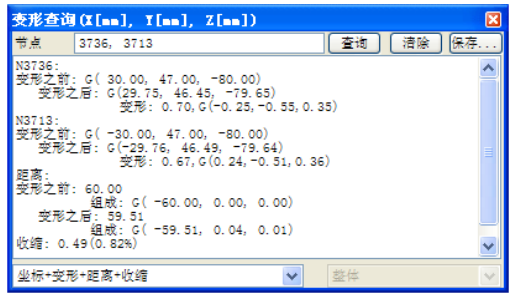


图 10-82　关键尺寸 *X* 向变化量

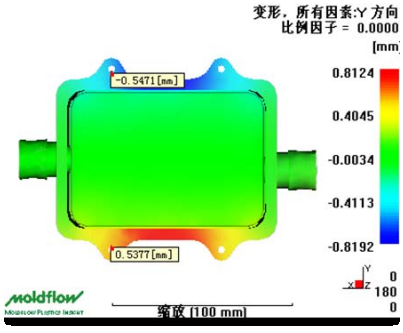


图 10-83　*Y* 向变形

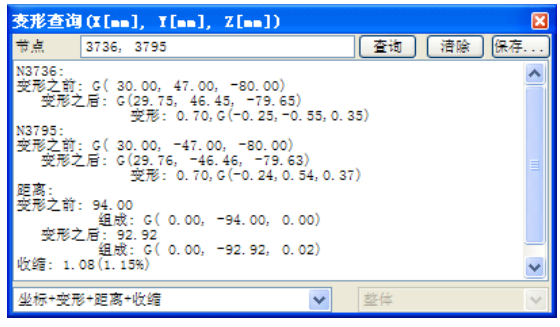


图 10-84　关键尺寸 *Y* 向变化量

8）制品平面度

案例中要求的制品平面度就是在 z 向的变形总量。查看制品平面度时宜采用锚面为参照面，这样可以更直观地观察制品的平面度波动范围。

因为需要重点观察四个定位凸耳的平面度，所以以位于制品顶面的三个分布规律的节点为参照点建立锚面，如图 10-85 所示。定义锚面后观察四个凸耳的平面度。从图 10-86 可以看出，制品四个侧面的下边缘以规律性的收缩为主，所以四个凸耳所在的部位相对于锚面起伏的波动值很小，是可以满足定位的，如图 10-87 所示。

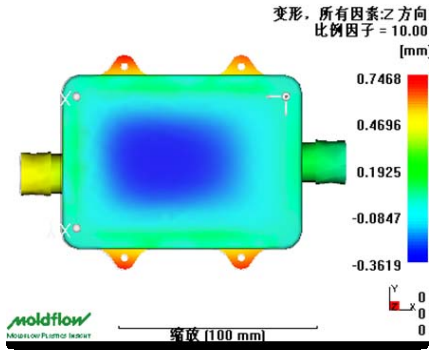


图 10-85　定义锚面

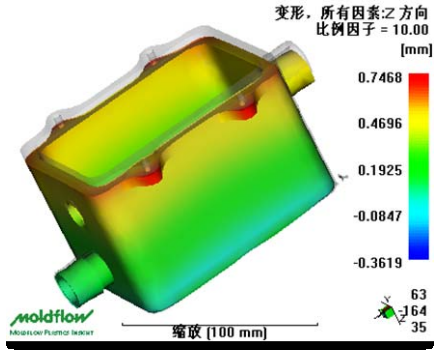


图 10-86　底部变形显示

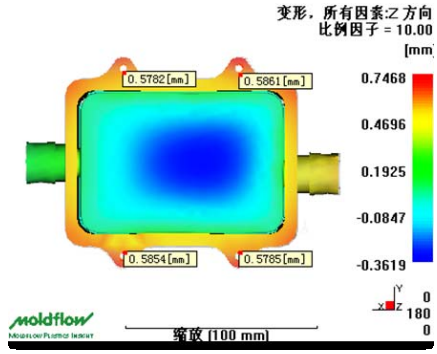


图 10-87　凸耳处平面度显示

制品顶面中心呈下陷趋势，变形量为 0.36mm，如图 10-88 所示。

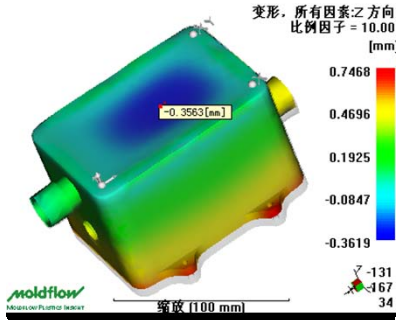


图 10-88　制品顶部的平面度

10.2.4　改善前后结果对比列表

为了使读者更加清晰地观察改善的过程和改善前后结果的对比，特建比较列表，如表 10-1 所示。

表 10-1　改善前后结果对比列表

分析结果	改善前分析结果	改善后分析结果
注射时间/s	2.115	2.117
最高注射压力/MPa	64.6	64.5
制品绝大部分部位凝固时间/s	57	47
锁模力/t	70.01	70.08
最高缩水指数/%	3.75	3.20
体积收缩/%	6.66	6.80
制品温度/℃	45.53～78.20	40.79～64.42
模具温度/℃	41.51～72.72	39.54～63.47
冷却介质温度	35,45	35,45
冷却介质温度最大变化量/℃	0.5	0.3
回路管壁温度/℃	35.25～45.97	34.84～46.03
制品冻结时间/s	5.72～100.9	5.43～93.46
制品绝大部分部位冻结时间/s	≈65.19	≈60.45
制品总变形量/mm	0.283～1.134	0.234～+0.890
制品 *x* 向变形量/mm	−0.616～+0.732	−0.512～+0.611
制品 *y* 向变形量/m	−1.078～+1.070	−0.819～+0.812
制品 *z* 向变形量/mm	−0.721～0.593	−0.589～+0.512
制品平面度/mm	−0.447～+0.874	−0.362～+0.747

10.3　综合考量冷却系统排布范例

在确定冷却水路排布时，不仅需要充分考虑制品不同部位的冷却速率，还要根据模具的成型机构来决定水路排布的可行性。现在以图 10-89 的大型透明杯为例，从以上两个方面综合考量水路的建立。



图 10-89　水杯模型

10.3.1 从制品冷却速率考量水路排布

本制品成型材料为透明 PC，牌号为 Lexan 144，生产商为 GE Plastics （USA）。对制品的要求是外观平滑、光洁，无缩痕、无熔接线。为了保证制品的高品质和持续稳定的量产性，采用热流道成型。

采用从杯底进浇，这样可以获得平稳的流动前沿，既能避免 PC 制品常出现的残余应力大和透明材料表面瑕疵明显的缺陷，又不会在杯身产生熔接痕。建立完整的热流道浇注系统，如图 10-90 所示。

完成以上的准备工作后，就可以对制品进行成型窗口分析，获得部分可靠的工艺参数。成型窗口推荐的成型参数如图 10-91 所示。

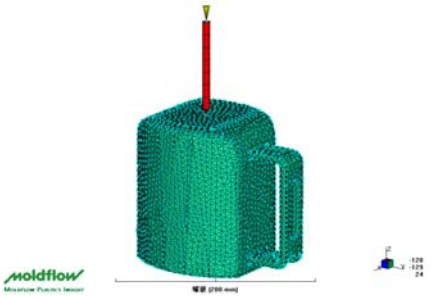


图 10-90 制品浇注系统

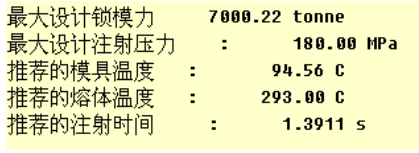


图 10-91 推荐成型参数

在建立冷却系统之前先进行流动分析，观察制品在自然冷却状态下，不同部位凝固的先后顺序，以此确定最佳冷却管道排布方案。“流动设置”页面如图 10-92 所示。



图 10-92 “流动设置”页面

将从成型窗口中获得的推荐参数输入“流动设置”页面，其他参数采用默认值。这里需要注意的是，冷却时间栏采用“自动”控制方式，并将“顶出时冻结百分比”设为 100%，如图 10-93 所示。

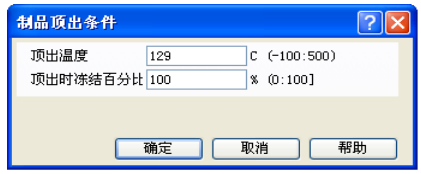


图 10-93　“制品顶出条件”对话框

双击案例浏览区“立即分析”指令，采用完整分析。

分析结束后，逐项查看分析结果。重点查看“冻结层因子”结果。双击显示“冻结层因子”结果，主窗口右侧的图标是制品凝固系数，100%凝固率系数显示为 1，处于凝固中状态的部位凝固系数从高到低依次从红色到黄色显示。我们抓取了制品在不同时刻不同部位的凝固程度。

当 *T*=15.30s 时，制品肉薄的部分最先冷却，如杯的上边缘，杯身转角的一些地方，凝固程度已超过 0.8；杯身正面大部分区域和杯底凝固程度在 0.5 左右；杯柄肉厚最厚，凝固程度最低，如图 10-94 所示。

当 *T*=17.55s 时，制品红色部位凝固率已达到或接近 100%；杯的上半部分凝固率高于下半部分，绿色区域多在下半部分；杯柄的凝固率依然很低，如图 10-95 所示。

当 *T*=23.30s 时，杯身已完全凝固；杯底进浇点处未完全凝固；杯柄依然处于未硬化状态，如图 10-96 所示。

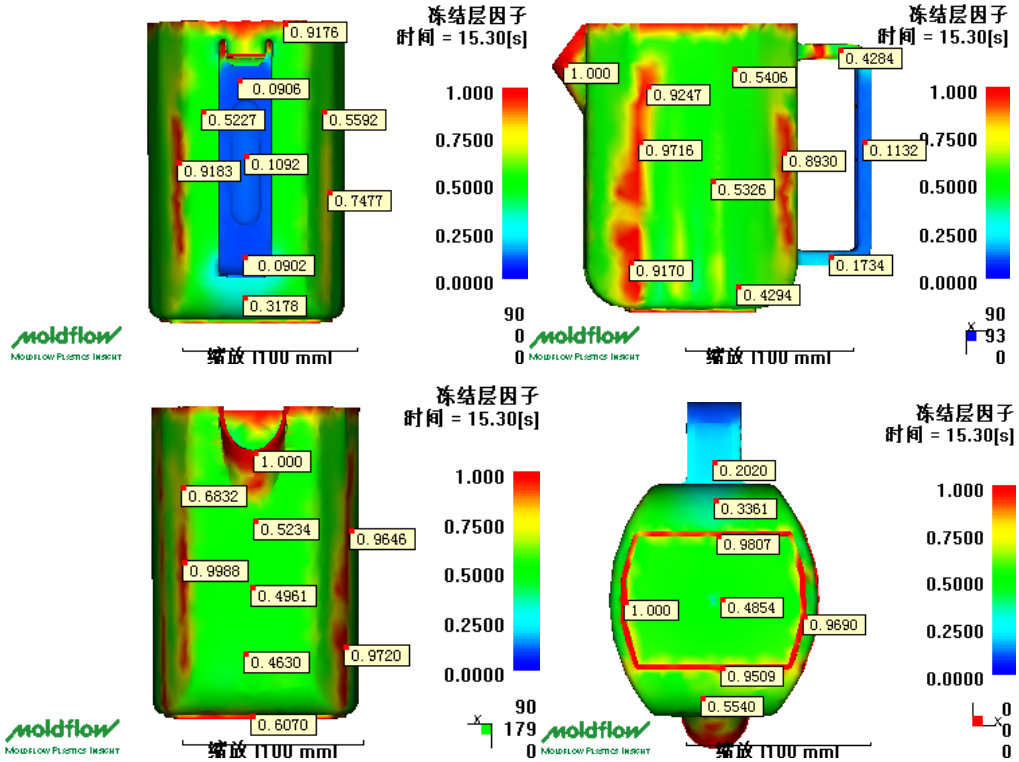


图 10-94　*T*=15.30s 时制品凝固程度

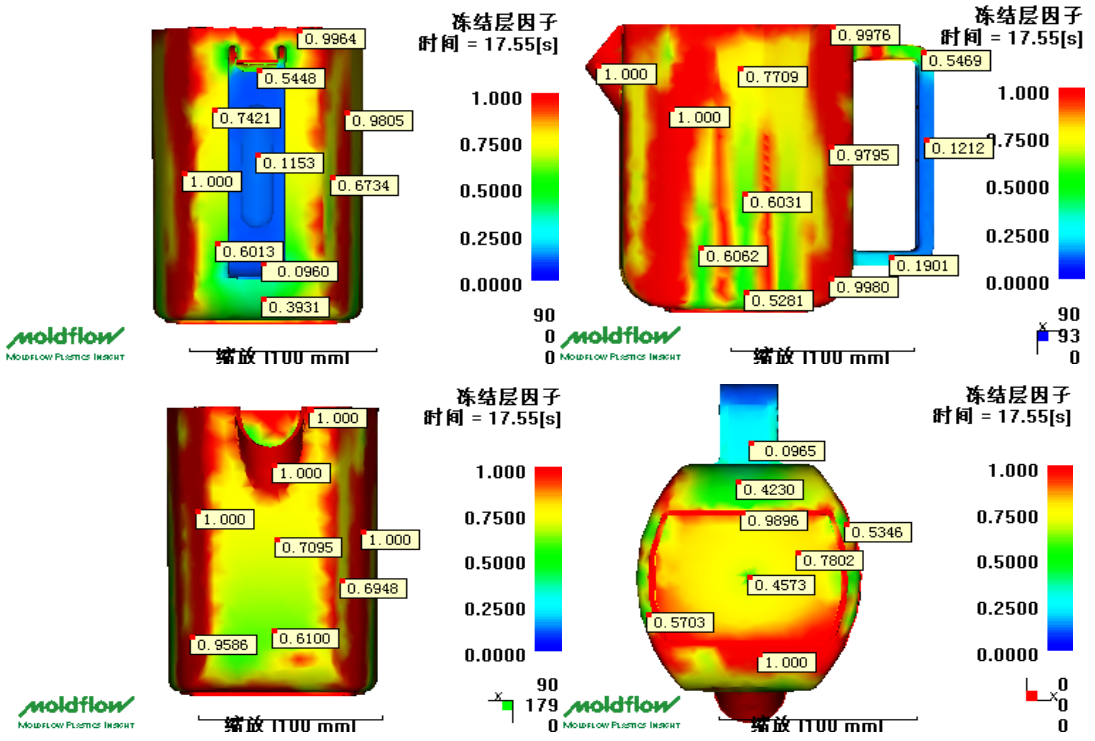


图 10-95　*T*=17.55s 时制品凝固程度

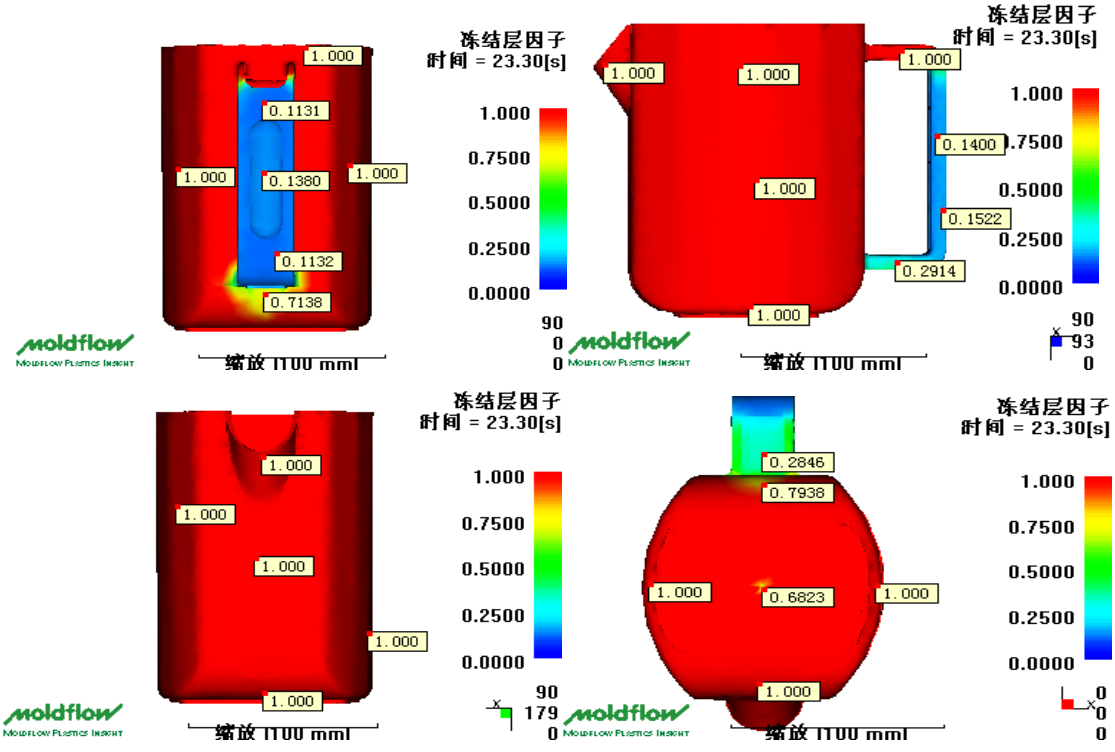


图 10-96　*T*=23.30s 时制品凝固程度

从以上制品凝固过程的三个阶段可以看出制品不同部位在不同时段的凝固程度和凝固速率。我们在设计排布水路时，可以参照图中显示的制品不同部位凝固的先后差异，将水路排在靠近凝固速率慢的部位，重点冷却高热量部位；远离凝固速率快的部位，对热量低的部位实行缓冷。

10.3.2　从模具成型结构考量水路排布

杯的内腔特征简单，但利用普通水路难以冷却到位，所以采用隔板式水路，入水口温度为 30℃，排布如图 10-97 所示。

排布制品底部正上方水路时应避开热流道的热嘴，所以热浇口两侧的两条水路间距相隔较远。两侧还有一整圈冷却底部四周的水路。注意这一圈水路在经过杯柄的上方时向下沉了一段距离，以便扩大冷却面积，使难以排布水路的杯柄横向一小段得到有效冷却，如图 10-98 所示。入水口温度为 45℃。

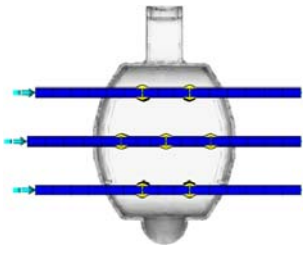


图 10-97　杯腔内隔板水路

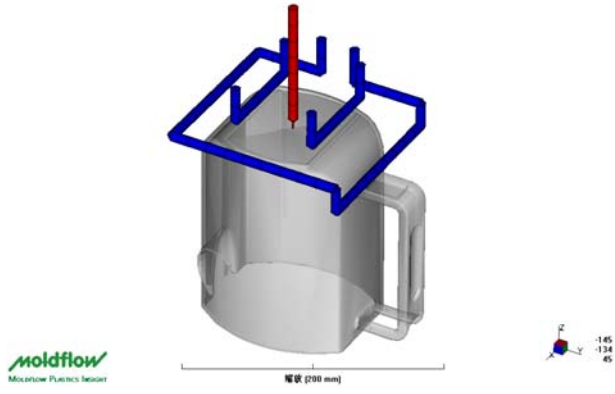


图 10-98　杯底水路排布

杯身四个侧面和两段横杯柄部分采用两个大滑块成型，所以四个侧面的水路都要通过滑块。四个侧面是制品的外观面，应注意冷却均匀，以保证外观面光洁无瑕疵。杯身三个侧面的管道冷却液入水口温度为 45℃，靠近杯柄的两条冷却管道入水口温度为 30℃。综合“冻结层因子”结果，避开快速凝固区，如杯身转角部位，着重冷却凝固慢的区域，水路排布如图 10-99 所示。

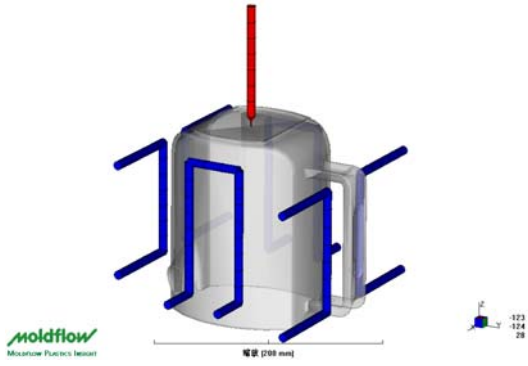


图 10-99　滑块上水路排布

杯口的冷却速率最快，排水路时应适当远离杯口，如图 10-100 所示。入水口温度相对其他管道高一些，为 45℃。

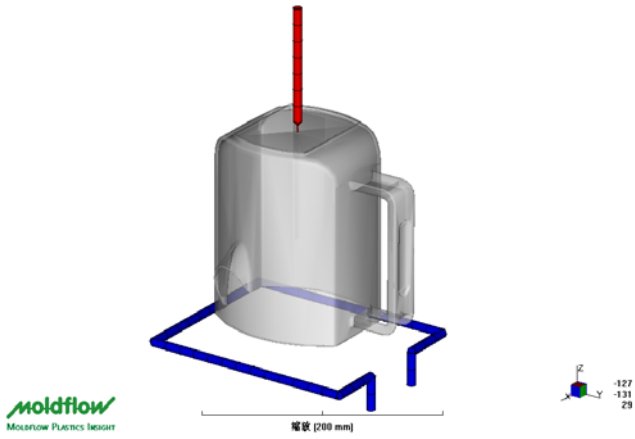


图 10-100　冷却杯口的水路

从分析结果可以看出，杯柄肉厚最厚，也是最后冷却的。但杯柄处在两个滑块靠破处，如果在杯柄的正前方排布水路必须穿透两个滑块，但滑块在开模时是处于分离状态的，因此无法在这里排出能够有效冷却杯柄的水路。所以在成型过程中，保压一定要充分，对杯柄处充分补缩，可以防止缩水。为了提高生产效率，缩短成型周期，可以不必等到杯柄完全冷却。只要制品整体强度足够，即可开模顶出。

制品整体水路排布如图 10-101 所示。

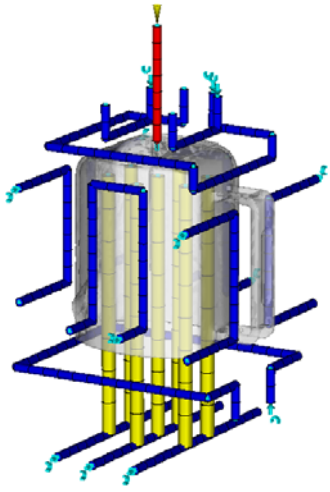


图 10-101　完整的水路排布

10.3.3　冷却效果

对制品进行冷却分析。分析完成后逐项查看分析结果，看是否达到均匀冷却的目的。重点查看以下几项分析结果。

1）制品温度

从图 10-102 可以看出，杯身大部分区域温度分布在 55℃～60℃；杯底温度稍高，中心部位多在 56℃左右，其他区域在 58℃～64℃。

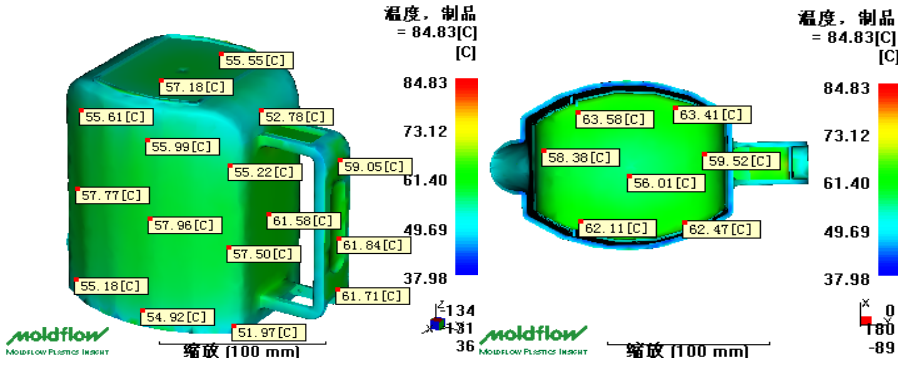


图 10-102　制品温度

2）模具温度

从图 10-103 可以看出，与杯身接触的模具表面大部分温度分布在 50℃～54℃；与杯底接触的模具表面，中心部位多在 51℃左右，其他部位在 54℃～59℃。

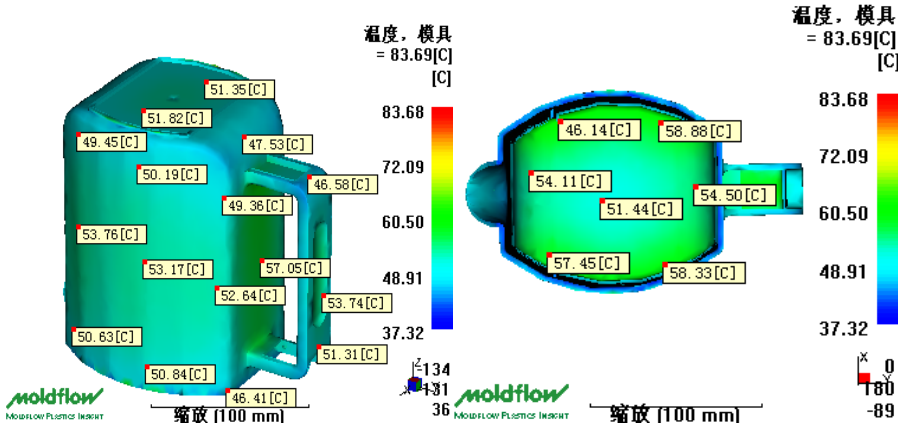


图 10-103　模具温度

3）制品冻结时间

显示“冻结时间，制品”结果，查看制品不同部位的冷却时间，如图 10-104 所示。杯身基本在 15s 之前达到冷却要求。杯柄处冷却时间大大超过杯身，达到 106s。在实际成型中，只要制品上绝大部分区域的平均温度在冷却结束时降至顶出温度以下，只有少部分区域温度略高于顶出温度，也可开模顶出。这样可以有效缩短成型周期，提高生产效率。

4）最高制品温度

杯身部分最高制品温度多在 57℃；杯口部分最高温度在 52℃～55℃；杯底转角部分肉厚相对于周围区域较厚，最高温度在 59℃～65℃，中心区域在 57℃左右；杯柄处由于未能有效冷却，最高温度达 176.5℃，如图 10-105 所示。

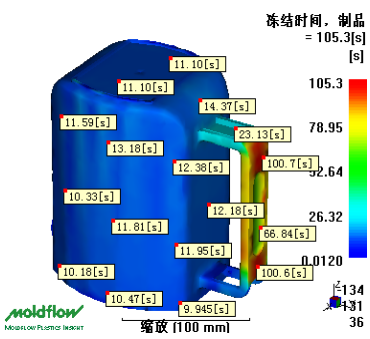


图 10-104　制品冻结时间

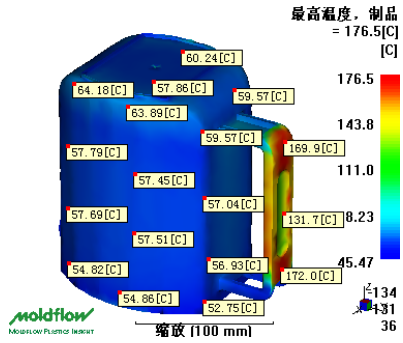


图 10-105　最高制品温度

10.4　改善熔接痕范例

制品模型如图 10-106 所示。制品直径为 300mm，肉厚为 1.5mm，整体肉厚一致，如图 10-107 所示。

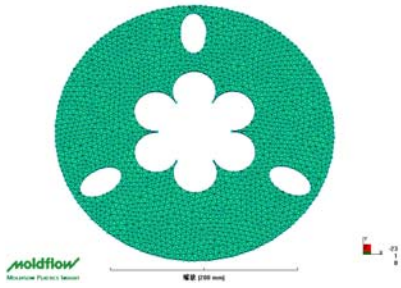


图 10-106　制品模型

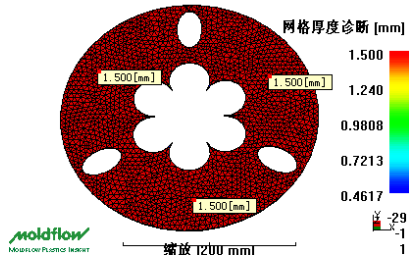


图 10-107　制品肉厚诊断

本制品采用的成型材料为 PC，生产商为 Dow Chemical Europe，牌号为 Calibre 400-18。对制品的要求是外观平整光洁，保证熔接痕处强度，不能开裂。

此制品成型的要点在于调节熔接痕的位置。以下即是在 Moldflow 中针对不同的进浇位置对制品熔接痕的影响做出的分析过程。

先利用 Moldflow 分析最佳进浇位置，给接下来确定浇口位置提供参考。最佳浇口位置结果如图 10-108 所示，在这里只显示进浇合理系数从 0.7 到 1.0 的部分。由于本制品呈对称型，它的最佳进浇位置也呈对称性，位于接近棱角处。

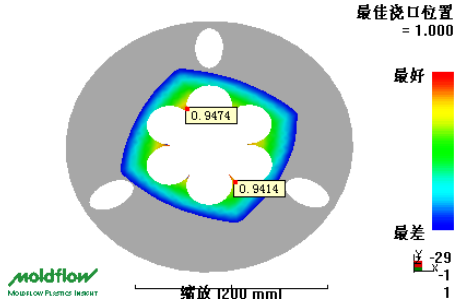


图 10-108　制品最佳进浇位置显示

10.4.1　原始进浇方案熔接痕分布

参照图 10-108 的最佳浇口位置显示建立点浇口、侧进浇注系统，如图 10-109 所示，浇口放大图如图 10-110 所示。

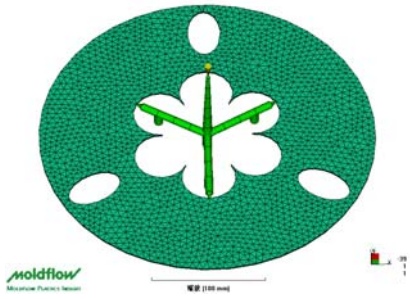


图 10-109　制品浇注系统

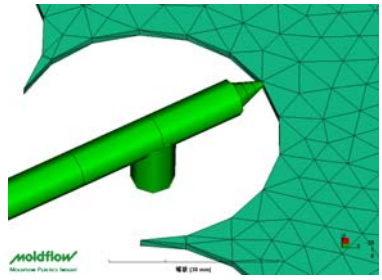


图 10-110　浇口放大图

在进行流动分析之前，先进行成型窗口分析，以获得部分可靠的成型参数。成型窗口推荐的工艺参数如图 10-111 所示。

最大设计锁模力		7000.22 tonne
最大设计注射压力	:	180.00 MPa
推荐的模具温度	:	115.56 C
推荐的熔体温度	:	310.00 C
推荐的注射时间	:	0.7628 s

图 10-111　推荐工艺参数

现在进行流动分析。将从成型窗口中得到的参数输入“流动设置”页面（图 10-92），其他参数采用系统默认值，单击“确定”按钮。

选择案例浏览区“立即分析”指令，进行完整的分析。勾选案例浏览区“工艺”复选框，用鼠标将主窗口下边缘向上拖动，查看分析过程中的参数输出。

分析完成后，逐项查看分析结果。这里我们重点查看熔接痕结果，如图 10-112 所示。

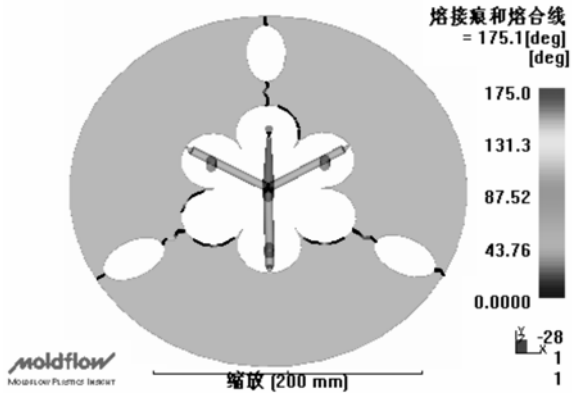


图 10-112　制品熔接痕

重点查看椭圆形孔两端的熔接痕。从图 10-113 可以看到，椭圆形孔距制品边缘很近，熔接痕位于这里使这三个部分刚好形成制品强度　　的薄弱区。切换到“速度/压力切换时的压

力”，查看形成熔接痕时料流的流动情况，如图 10-113 所示。椭圆孔距制品边缘最窄的部位离浇口最远，是最后完成充填的，而料流达到这里时压力降是最大的，直接导致制品这些部位的分子致密性低于其他部位，所以熔接痕位于这里会大大降低制品的强度。

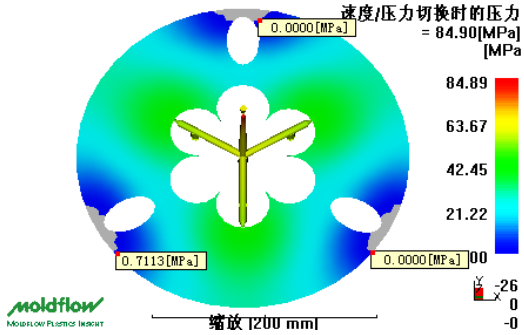


图 10-113　制品上最后完成填充的部位

10.4.2　改善进浇方案后熔接痕分布

为了将熔接痕赶离椭圆孔附近，将浇口旋转 60°，如图 10-114 所示。

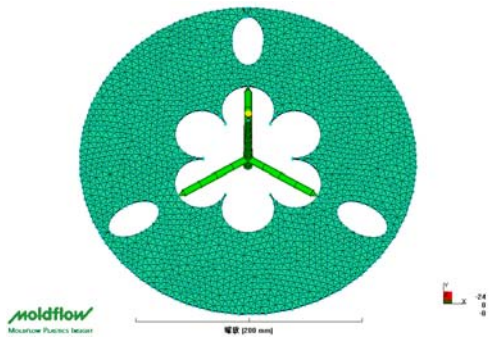


图 10-114　改变浇口位置后

改变浇口后重新进行成型窗口分析，分析结果如图 10-115 所示。

最大设计锁模力		7000.22 tonne
最大设计注射压力	:	180.00 MPa
推荐的模具温度	:	115.56 C
推荐的熔体温度	:	307.89 C
推荐的注射时间	:	0.7132 s

图 10-115　改变浇口后分析结果

再一次进行流动分析。将从成型窗口中得到的参数输入“流动设置”页面，其他参数采用系统默认值，单击“确定”按钮。

分析结束后，逐项查看分析结果。依然重点查看熔接痕结果，如图 10-116 所示。大的熔接痕已经被转移到两孔的中间。椭圆孔靠近进浇口那一侧没有熔接痕，另一侧的熔接痕还在。

切换到“速度/压力切换时的压力”，查看形成熔接痕时料流的流动情况，如图 10-117 所

示。制品上最后完成充填的部位被成功转移到其他部位。这样有利于提高椭圆孔有熔接痕一侧分子的致密性和强度。

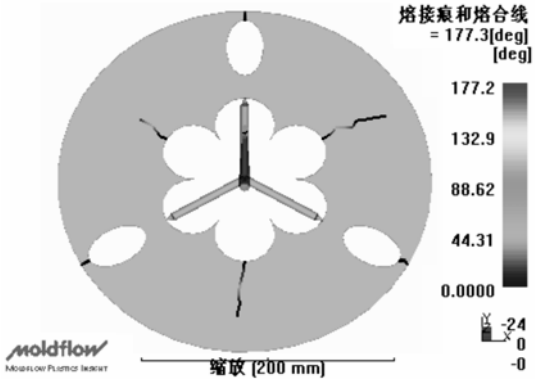


图 10-116　改变浇口位置后制品熔接痕

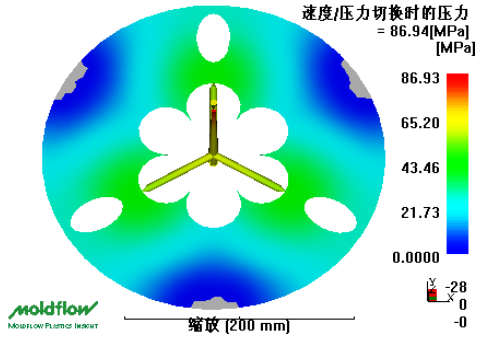


图 10-117　制品上最后完成填充的部位

从以上的分析结果可以看出，改变熔接痕位置最有效的方法就是改变进浇的位置。通过 Moldflow 可以提前准确掌控熔接痕的位置，并根据分析结果及时做出调整。

10.5　收缩分析应用范例

塑胶材料制品的尺寸受温度、压力影响明显，这一点可以从塑料的 PVT（压力—体积—温度）曲线图中清晰地体现出来，图 10-118 所示为典型的塑料 PVT 曲线图。

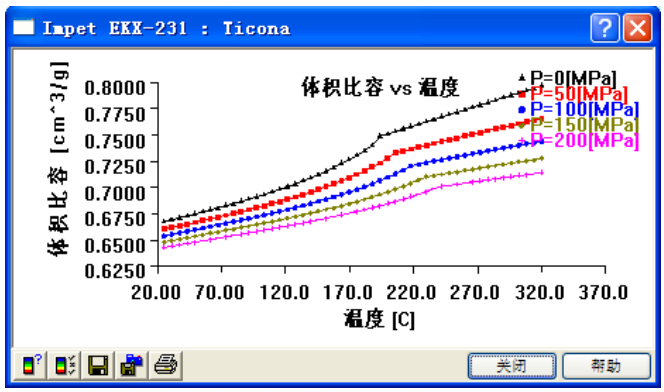


图 10-118　典型的塑料 PVT 曲线图

塑料制品在成型温度下的尺寸会与在常温下的尺寸有所差异，这个差异值就是塑料的收缩值。非结晶塑料制品的收缩率为 0.3%～1.0%，结晶塑料制品的收缩率更高，为 1.2%～4%；增强型塑胶材料的收缩率一般相对会有所降低。

10.5.1　影响制品收缩的因素

影响注塑制品收缩率的因素主要有塑胶材料性能、成型工艺参数、制品几何结构、模具结构和塑胶材料性能等多个方面。

在成型工艺参数方面，提高注射压力，可以减小制品收缩率；提高保压压力、延长保压时间可以减小制品收缩率；提高注射速率，可以减小制品收缩率；提高熔体温度，同样可以减小制品收缩率；提高模具温度，会使制品收缩率增大。

在制品几何结构方面，薄壁制品比厚壁制品收缩率小；同一制品上，一般肉薄部位比肉厚部位收缩率小，缩水往往出现在肉厚部位；带镶件制品比没有镶件制品收缩率小，当镶件面积远远大于制品面积时，制品成型后的收缩率会大幅降低，有时甚至不用对型腔采取放缩水措施；制品上的孔壁处相对于其他部位约束少，收缩率大；在收缩的过程中，从制品外缘到中心，层层约束，外缘收缩率相对较小。

在模具结构方面，浇口尺寸大，制品收缩率小；制品上靠近浇口的部位收缩率小，远离浇口的部位收缩率大；采用能够承受压力的浇口类型，制品收缩率小。

在塑胶材料性能方面，结晶性材料收缩性大于非结晶性材料；流动性好的塑料收缩率小；增强型塑料相对于未添加增强剂的同种塑料收缩率小。

同一制品，成型后不同部位的收缩率也会有差异，尤其肉厚差异较大时这就为确定模具型腔放缩水率带来很大困难。首先，由于模具型腔很难根据制品不同部位的实际收缩率进行放缩水，使得制品的实际收缩率经常与模具型腔的放缩水率存在差异；其次，单凭设计师的经验，制品不同部位的收缩率很难准确把握。这样就很难保证精密塑胶制品一些重要管控尺寸的精度。

这时可以采用 Moldflow 软件“收缩分析”功能，从制品几何结构、选用的塑胶材料、合理设置的成型工艺参数入手，模拟分析在这些综合因素的影响下，制品的成型收缩率，以及在当前收缩率下是否可以使制品的关键管控尺寸落在允许的范围之内。

10.5.2 冷却+流动+收缩分析范例

如图 10-119 所示模型。将分析类型切换到“冷却+流动+收缩”。

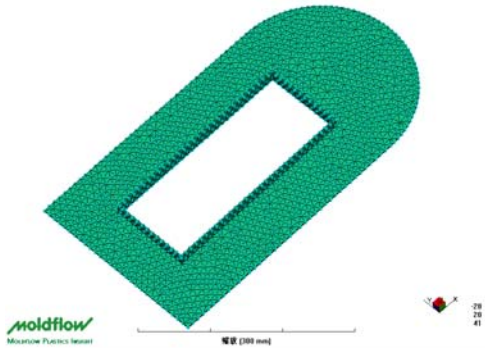


图 10-119 制品模型

1．创建浇注系统和冷却水路

创建浇注系统和冷却系统。本制品采用两板模、单穴成型，浇口类型为潜牛角式，采用两点进浇，如图 10-120 所示。浇口放大图如图 10-121 所示。

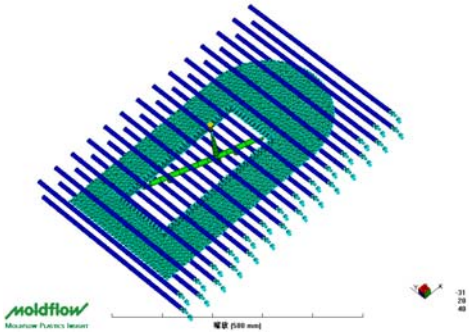


图 10-120　制品浇注系统和冷却系统

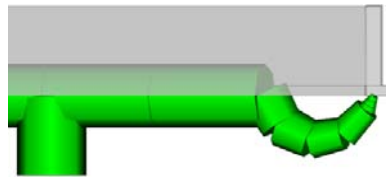


图 10-121　浇口放大图

2．选择塑胶材质

在针对案例进行“收缩”分析时，选择的塑胶材料必须含有描述该材料收缩属性数据，如果没有描述的数据，可进行手动输入可靠的数据，否则分析无法进行。本次采用成型材料 PA66，牌号为 Radilon A RV 500 100 NAT，填充物为 50% Glass Fiber。查看材料的收缩属性，如图 10-122 所示。Radilon A RV 500 100 NAT 在流动平行方向收缩率为 0.1032%，在垂直方向为 1.045%。



图 10-122　“收缩属性”显示窗口

3．设置关键尺寸

设置重点管控尺寸。选择“分析”下拉菜单中“设置关键尺寸”指令，在项目管理区出现“设置关键尺寸”对话框，如图 10-123 所示。选择表征制品矩形孔长度的两个节点，在“当前距离”文本框会出现这两个节点的距离 300mm，也就是矩形孔的长度。在“尺寸公差”文本框系统会根据管控尺寸的大小给出建议的上偏差+15mm、下偏差-15mm，可以设定实际偏差值。再选择表征矩形孔宽度的两个节点，在“当前距离”文本框会出现这两个节点的距离 120mm，也就是矩形孔的宽度。在“尺寸公差”文本框系统会根据管控尺寸的大小给出建议的上偏差+6mm、下偏差-6mm，如图 10-124 所示，同样也可以设定公差值。分析中采用默认公差值。在表征关键尺寸的两个节点之间出现蓝色箭头，如图 10-125 所示。



图 10-123　设置长度方向的管控尺寸



图 10-124　设置宽度方向的管控尺寸

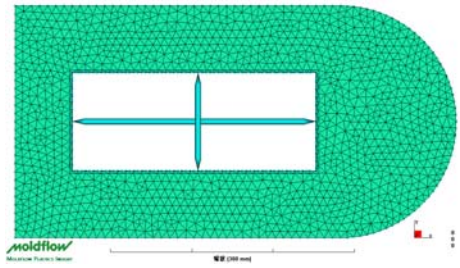


图 10-125　制品关键尺寸管控显示

4．进行成型窗口分析

在进行收缩分析之前，先进行成型窗口分析，以获得部分可靠的成型参数。成型窗口推荐的工艺参数如图 10-126 所示。

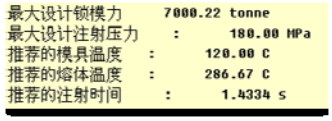


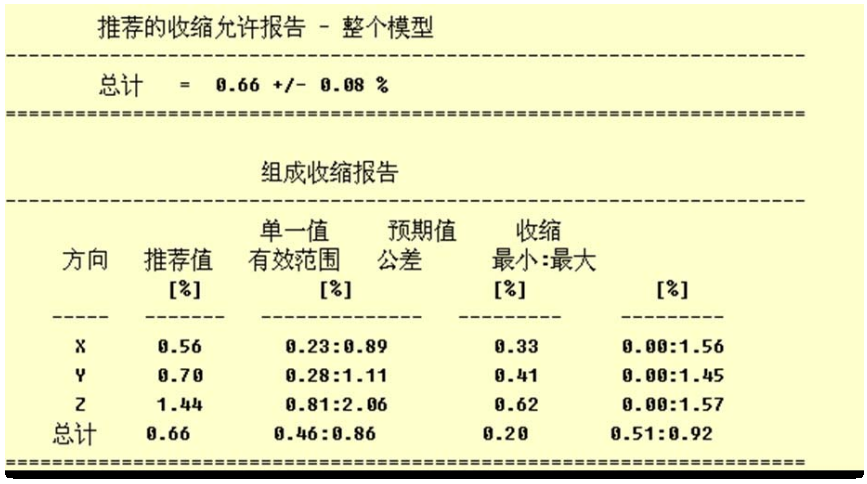
图 10-126　推荐工艺参数

5．冷却+流动+收缩分析结果解析

现在进行冷却+流动+收缩分析。将从成型窗口中得到的参数输入“流动设置”页面，其他参数采用系统默认值。在“流动分析”参数设置页面单击“高级选项”按钮，可以在“流动分析高级选项”对话框里设置塑胶材料的收缩属性。

首先查看屏幕输出参数。勾选案例浏览区“工艺”复选框，用鼠标将主窗口下边缘向上拖动，查看收缩分析结果输出报告。

图 10-127 是针对整个模型推荐的收缩允许范围报告。报告中包含：推荐的收缩率 0.66%±0.08%；*X*、*Y*、*Z* 三个独立方向上推荐的收缩率、推荐的收缩率范围、预期公差值、实际收缩率范围。



推荐的收缩允许报告 - 整个模型

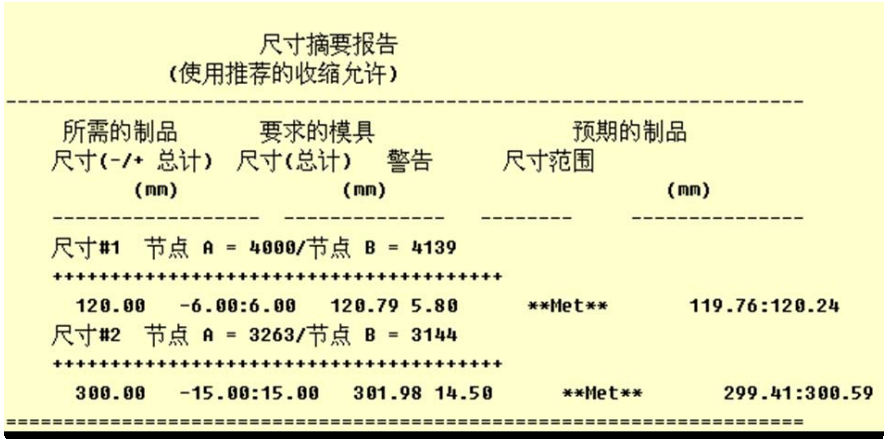
总计 = 0.66 +/- 0.08 %

组成收缩报告

方向	推荐值 [%]	单一值有效范围 [%]	预期值公差 [%]	收缩最小:最大 [%]
X	0.56	0.23:0.89	0.33	0.00:1.56
Y	0.70	0.28:1.11	0.41	0.00:1.45
Z	1.44	0.81:2.06	0.62	0.00:1.57
总计	0.66	0.46:0.86	0.20	0.51:0.92

图 10-127　推荐的收缩允许报告

图 10-128 是关键尺寸摘要报告。包含在推荐的收缩率范围内，关键尺寸的原始值，推荐的公差范围；要求的实际模具型腔尺寸以及出现会警告时的临界公差；预期的关键尺寸范围。如果成型后两节点的实际尺寸落在预期的制品尺寸范围之内，将以**Met**显示；如果成型后两节点的实际尺寸落在预期的制品尺寸范围之外，将以 Warning 显示。可以看出，最终矩形孔的长度值和宽度值皆在允许的范围之内，可以保证这两处重点管控尺寸的精度。



尺寸摘要报告
(使用推荐的收缩允许)

所需的制品尺寸(-/+ 总计) (mm)	要求的模具尺寸(总计) (mm)	警告	预期的制品尺寸范围 (mm)
尺寸#1 节点 A = 4000/节点 B = 4139			
120.00 -6.00:6.00	120.79 5.80	**Met**	119.76:120.24
尺寸#2 节点 A = 3263/节点 B = 3144			
300.00 -15.00:15.00	301.98 14.50	**Met**	299.41:300.59

图 10-128　关键尺寸摘要报告

图 10-129 是完全尺寸摘要报告。显示关键尺寸在 *X*、*Y*、*Z* 三个独立方向上的收缩值。由于最初表征管控尺寸的两个节点分别只在 *Y* 向和 *X* 向存在位移，所以在“所需的制品尺寸”和“要求的模具”尺寸栏只有 *Y* 向和 *X* 向的显示。实际上，表征关键尺寸的四个节点所在的位置由于收缩后制品整体相对于原参照模型出现了空间位移，所以仍在“预期的制品”栏出现两对应节点在 *X*、*Y*、*Z* 三个独立方向上的收缩值和管控方向上允许的尺寸范围值。

完全尺寸摘要报告
(使用组成收缩)

	所需的制品 尺寸(-/+ 总计) (mm)	要求的模具 尺寸(总计) (mm)	警告	尺寸范围	预期的制品 (mm)
尺寸#1 节点 A = 4000/节点 B = 4139					
X	0.00 -0.00:0.00	0.00	0.00	-------	-0.40: 0.40
Y	120.00 -6.00:6.00	120.83	5.54	**Met**	119.50:120.50
Z	0.00 -0.00:0.00	0.00	0.00	-------	-0.75: 0.75
总计	120.00 -6.00:6.00	120.79	5.80	**Met**	119.76:120.24
尺寸#2 节点 A = 3263/节点 B = 3144					
X	300.00 -15.00:15.00	301.68	14.08	**Met**	299.00:301.00
Y	0.00 -0.00:0.00	0.00	0.00	-------	-1.24: 1.24
Z	0.00 -0.00:0.00	0.00	0.00	-------	-1.87: 1.87
总计	300.00 -15.00:15.00	301.98	14.50	**Met**	299.41:300.59

图 10-129　完全尺寸摘要报告

从以上的分析结果可以看出，设计师在对型腔进行放缩水时，如果对整个制品仅采用单一放缩水率，很难保证制品不同轴向重要尺寸的精度。通过 Moldflow 中“收缩分析”功能，可以准确预测制品不同轴向、不同部位的收缩率，对准确掌控型腔尺寸有极高的参考价值。

图 1-130 是收缩检查图结果。

收缩检查图显示的是制品在放缩水时，是否可以对制品整体采用单一收缩率。收缩检查图将结果分为三种情形：在模型上显示绿色部位是可以采用单一值收缩率进行放缩水的。如果制品的关键尺寸全部位于显示绿色部位上，使用推荐的放缩水率就可以保证尺寸精度；在显示黄色部位使用单一值放缩水率时需认真检查制品的重要尺寸能否落在允许的范围之内；在显示红色部位如果采用单一值放缩水率是很难保证尺寸精度的，如图 10-130 所示的矩形孔。在前面 “推荐的收缩允许报告”中可以看出，表征关键尺寸的四个节点所在位置的收缩率在三个轴向是不同的。

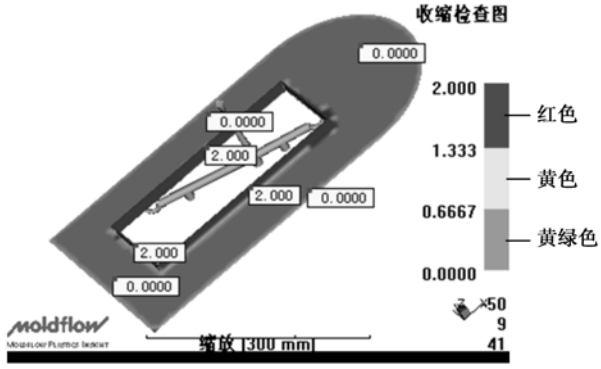


图 10-130　收缩检查图

图 10-131 显示的是“收缩分析”预测的公差与当初对关键尺寸设置的公差之间的比较。蓝色竖条为原始设置的公差范围，红色横条为分析预测的公差范围。水平轴上显示关键尺寸的代码，和模型上关键尺寸的代码一致。本例中分析得出的公差范围远远小于原始设定值，说明关键尺寸的精度在当前要求的公差范围内是可以保证的。如果红色竖条比蓝色竖条长，说明关键尺寸超差，在当前要求的公差范围内是不可保证的。制品要求的精度越高，就越难以成型，所以应针对实际要求来确定制品不同重要级别的管控尺寸的精度。

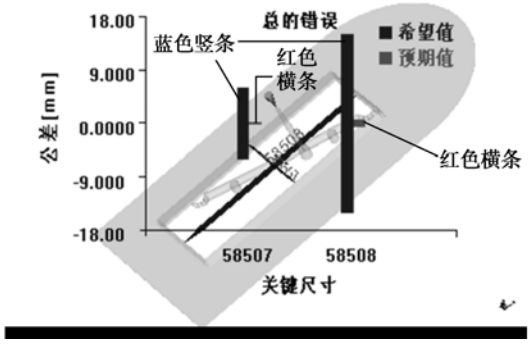


图 10-131　总的错误

图 10-132～图 10-134 分别显示的是制品不同部位在三个轴向的收缩率。从这三个图面上可以查询制品的收缩率是否超过设定的收缩率，那些收缩率高的部位更容易产生翘曲变形。

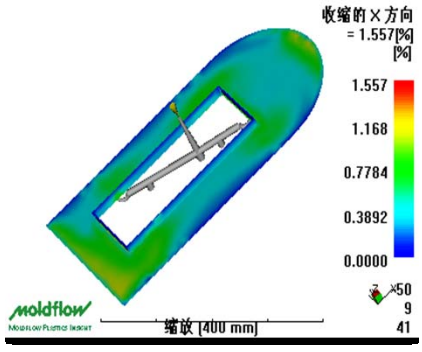


图 10-132　收缩的 X 方向

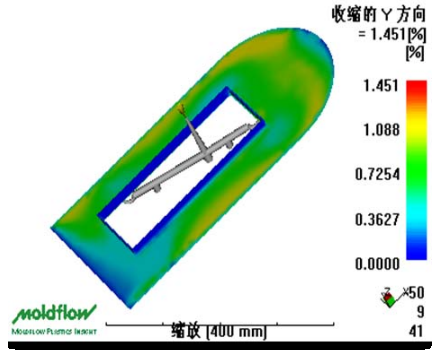


图 10-133　收缩的 Y 方向

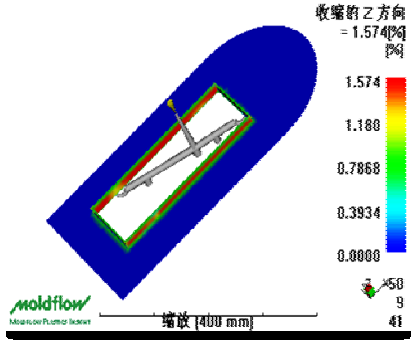


图 10-134　收缩的 Z 方向

图 10-135～图 10-137 分别显示的是制品不同部位在三个轴向的收缩率与平均收缩率的偏差值。偏差值接近于 0 的部位收缩均匀，可以保证制品在这一处的尺寸公差和形状公差。实际收缩率偏离平均收缩值越远的部位，越容易产生翘曲变形。

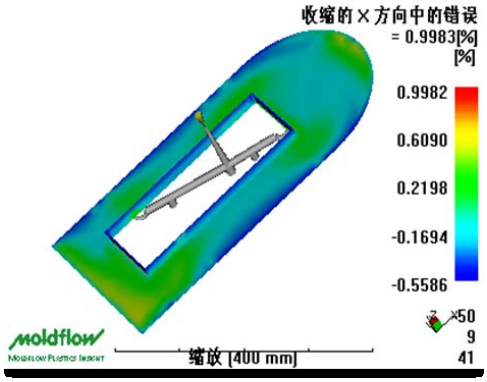


图 10-135　收缩的 X 方向中的错误

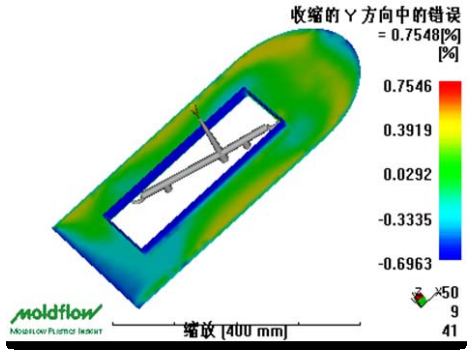


图 10-136　收缩的 Y 方向中的错误

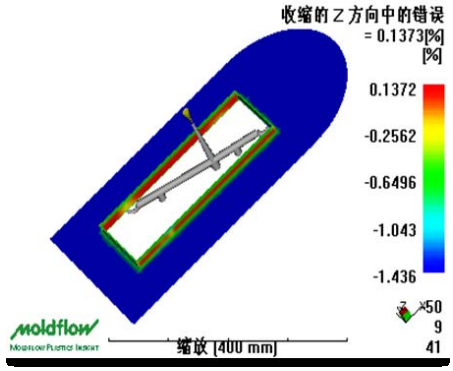


图 10-137　收缩的 Z 方向中的错误

本章小结

本章主要讲述应用 Moldflow 软件对传统热塑性注塑成型制品进行充填、保压、收缩和翘曲变形的分析，并对完整分析序列的参数设置过程和分析结果做出了全面而详细的解释，以提高读者驾驭 Moldflow 的能力，使读者深刻领悟 Moldflow 分析结果的含义，并在此基础上对制品潜在的成型问题做出针对性改善。

练习与思考

10-1　创建制品的冷却水路，并通过模拟分析优化冷却水路的冷却效果。
10-2　优化制品的冷却和充填分析结果。
10-3　模拟分析制品的冷却和充填+翘曲。

10-4　对比制品在自动控制填充下与设定成型参数控制充填对制品翘曲分析结果的影响。

10-5　通过模拟分析优化制品的充填过程。

10-6　总结引起例 10-4 制品翘曲的原因，并改善翘曲。

10-7　选择一种含有收缩属性数据的成型材料，对制品进行收缩分析。

第 11 章　双色成型模流分析

双色成型是将两种颜色不同的塑胶材料分一前一后两次注射入型腔内，在第一射制品成型后再进行第二次注射。双色成型制品外观靓丽，附加价值高。由于第二射塑胶件与第一射塑胶件黏合时是在高温下进行并经过二射的保压压实，因此它们在结合面处无间隙黏结，配合牢固，不易脱落，制品整体强度高。

图 11-1 显示的是典型的双色成型工艺。第一射组件为浅蓝色 SAN 料，第二射组件为透明 PC 料。首先将一射浅蓝色组件成型完成，之后一射制品和二射模具母模侧将构成二射制品的型腔，成型出二射制品。

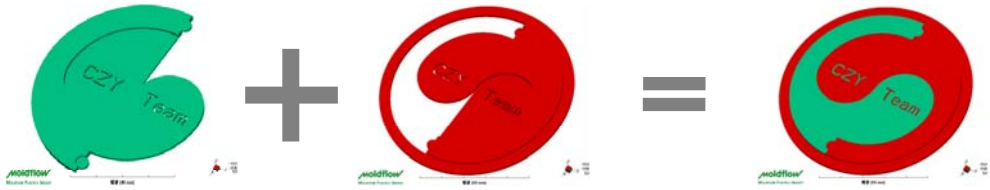


图 11-1　双色成型工艺

11.1　双色成型分析设置过程

双色成型分析设置过程如下：

（1）建立新的工程项目。

（2）导入第一射模型。划分网格并建立浇注系统，如图 11-2 所示。

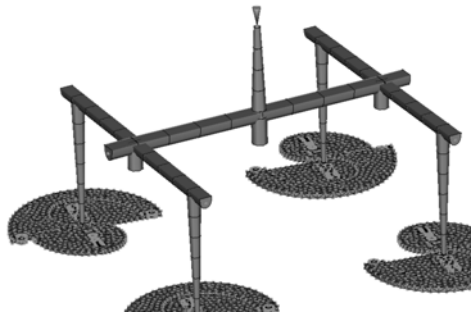


图 11-2　第一射模型及浇注系统

（3）将鼠标放在项目管理区，单击鼠标右键，选择“新建方案”指令，在项目管理区出现新案例。双击切换到新案例，在新案例中作业。选中新案例，单击鼠标右键，选择“重命名”指令，将新案例名称更改为“第二射”。

（4）在“第二射”案例中，选择“分析”中“设置成型工艺”指令，在其下拉菜单中选择“热塑性重叠成型”指令；在案例浏览区将分析类型改为“流动+重叠注塑流动”。

（5）在“第二射”案例中导入第二射模型。划分网格并建立浇注系统，如图 11-3 所示。

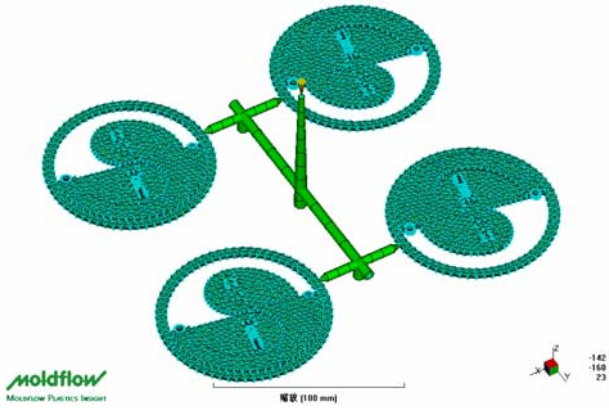


图 11-3　第二射模型及浇注系统

（6）在“第二射”案例中，分别按属性拾取网格、分流道、主流道，单击鼠标右键，选择“属性”指令，弹出“制品表面（双层面）”对话框。单击“重叠成型组成”按钮，出现图 11-4 页面。单击“组成”下拉按钮，选择“第二个快照”。被赋予第二射属性的实体呈土黄色显示。

【注意】　要把第二射的所有实体全部按同样的方式赋予属性。



图 11-4　赋予实体第二射属性

（7）在“第二射”案例中，选择“文件”中“添加”指令，将第一个案例添加至第二个案例中，如图 11-5 所示。第一射制品由系统默认为第一射属性。

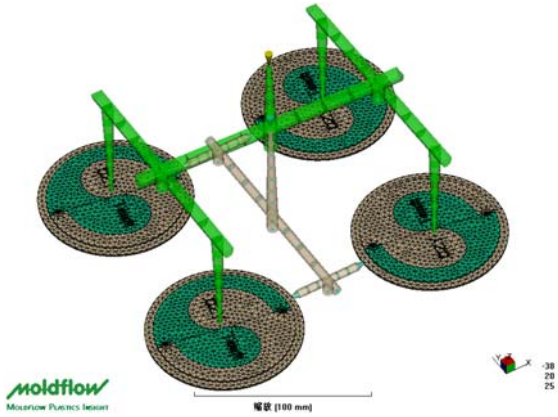


图 11-5　双射模型

（8）选择两射的材料。在案例浏览区内，出现两个料筒。第一射料筒为粉红色，第二射料筒为浅蓝色。单击粉红色料筒，选择第一射的材料牌号为 Gesan CTS100 的 SAN 料；单击浅蓝色料筒，选择第二射的材料牌号为 Calibre 301 EP 22 的 PC 料，如图 11-6 所示。这两种料的相容性比较好，粘得牢固。



图 11-6　双射案例浏览区

（9）设置两射的进料点。第一射进料点喷嘴处为粉红色，双击它，单击第一射主流道顶端端点，进料点呈黄色显示；第二射进料点喷嘴处为鲜红色，标题为“设置重叠注塑注射位置”，双击它，单击第二射主流道顶端端点，进料点呈土黄色显示。

（10）设置工艺设置。在案例浏览区单击“工艺设置”指令，弹出“工艺设置向导”对话框。第一页为第一射工艺参数设置页面，先设置第一射工艺参数，如图 11-7 所示；单击“下一步”按钮，进入第二射工艺参数设置页面，设置第二射工艺参数，如图 11-8 所示。

（11）单击“完成”按钮。双击案例浏览区“立即分析”按钮，进行完整的模流分析。



图 11-7　第一射工艺设置页面



图 11-8　第二射工艺设置页面

11.2　双色成型分析重要结果

在分析的过程中，在案例浏览区将出现双色成型分析结果。图 11-9 所示显示的是“流动”分析、“叠加”成型分析资料夹和部分“第二射”成型分析结果。



图 11-9　双色成型分析结果

以下是部分主要的一射和二射图面结果。如果两射制品均无短射现象，则应重点查看它们的体积收缩率和缩水指数，以及气穴、熔接痕等容易使制品产生表面缺陷的分析结果。

一射组件的充填时间为 0.4514s，如图 11-10 所示；二射组件的充填时间为 0.4400s，如图 11-11 所示。

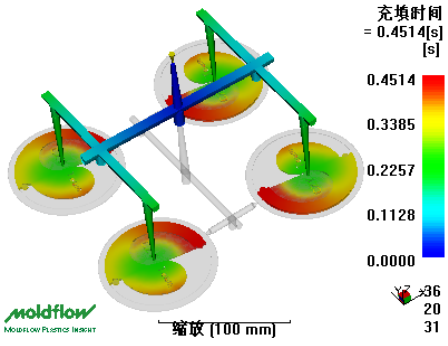


图 11-10　一射组件充填时间

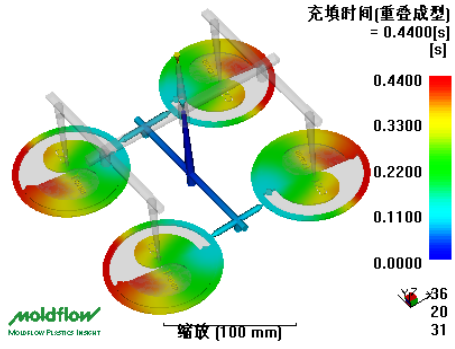


图 11-11　二射组件充填时间

一射组件速度/压力转换时的压力为 68.34MPa，如图 11-12 所示；二射组件速度/压力转换时的压力为 94.08MPa，如图 11-13 所示。

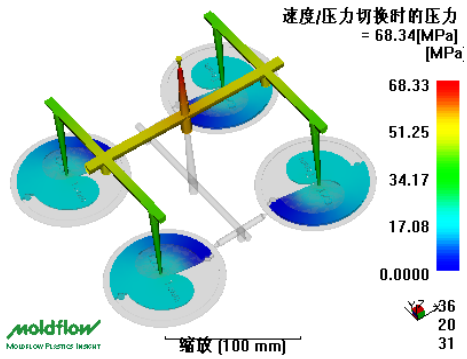


图 11-12　一射组件速度/压力转换时的压力

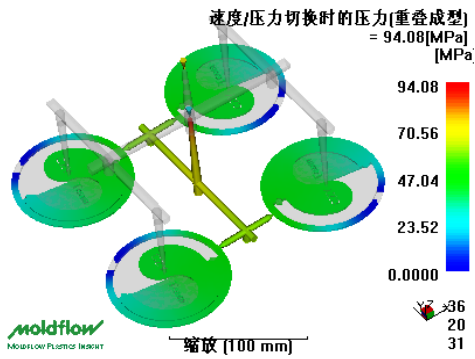


图 11-13　二射组件速度/压力转换时的压力

一射组件气穴分布如图 11-14 所示；二射组件气穴分布如图 11-15 所示。

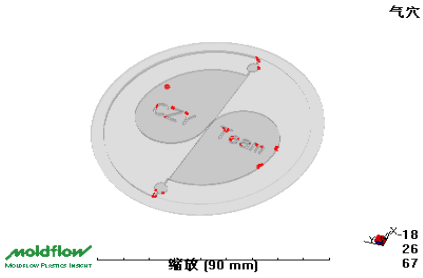


图 11-14　一射组件气穴分布

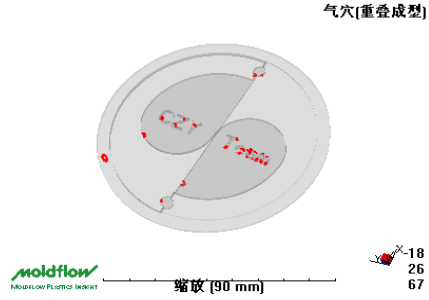


图 11-15　二射组件气穴分布

一射组件缩痕指数最高为 3.165%，在制品壁厚部位，如图 11-16 所示；二射组件缩痕指数最高为 3.822%，在制品壁厚部位，如图 11-17 所示。这两射制品缩水指数最高的部位均在凸出的壁厚处，在两射产品接触面的壁薄部位缩水指数较低。

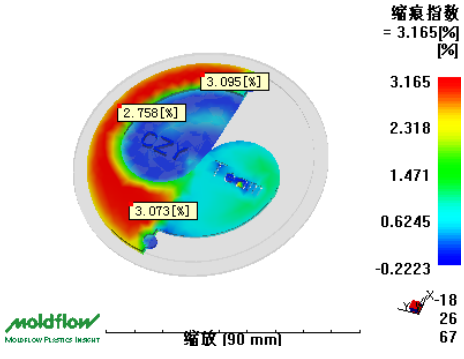


图 11-16　一射组件缩痕指数

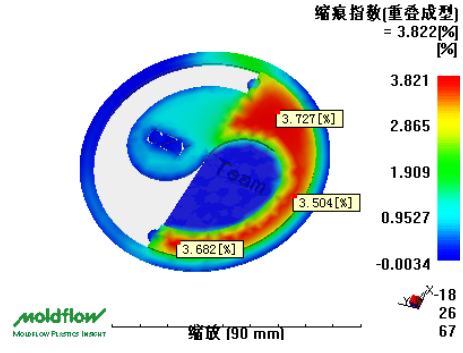


图 11-17　二射组件缩痕指数

一射组件体积收缩率最高为 6.191%，在制品壁厚部位，如图 11-18 所示；二射组件体积收缩率最高为 6.569%，在制品壁厚部位，如图 11-19 所示。

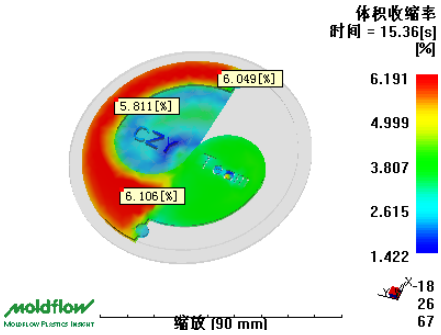


图 11-18　一射组件体积收缩率

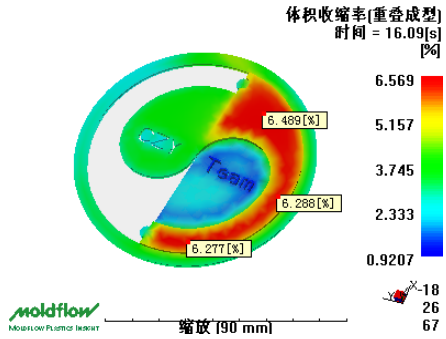


图 11-19　二射组件体积收缩率

11.3　双色成型问题点及解决方法

双色成型主要的问题点及解决方法如下：

【问题一】　两射成型采用的塑胶材料黏合性不高，成型后两组件黏合不牢。

【解决方法】　选择黏合度高的塑胶材料，提高组件间黏合强度。

【问题二】　双色制品成型的难点在于每一个组件中会不可避免地出现配合部位壁厚较薄、其他部位壁厚较厚的情况。同一制品上壁厚差异太大会引起制品壁厚处缩水。如果一射制品缩水严重可能会影响二射制品及最终制品整体外观质量，二射制品缩水会直接影响最终制品整体外观质量。

【解决方法】　在双色制品任何一组件上都尽量避免局部壁厚过厚的情况。将浇口移至肉厚处进浇，提高注射压力和保压压力的传递效率。

【问题三】　二射成型时注射速度太快可能会冲掉一射组件上细小的刻字的棱角和线条，使最终制品上字迹的棱角和线条不清。

【解决方法】　在保证二射组件和制品整体成型质量的前提下，适当延长二射制品的注射时间，降低注射速度，减少对一射组件的冲击力度。

【问题四】　在两射组件结合的地方应力痕明显。

【解决方法】　这种问题多出现于透明制品。由于双色注塑两组件成型间的时间间隔很短，一射组件顶出后温度往往高于第二射型腔温度，使二射组件在型腔温差很大的情况下成型，可能会造成二射组件不同部位收缩速率较大的差异，在收缩过程中产生应力；模具钢和塑胶的热传递速率差异很大，使得二射组件在冷却的过程中，与模壁接触的部位和与一射组件接触的部位冷却速率不一致，可能造成二射组件产生较大收缩应力。从以上的成因着手，应该加强一射组件的冷却，视实际成型情况能否采用低温水冷却一射组件，降低一射组件与二射模壁的温差，减少因收缩不均和冷却不均引起的内应力。

本章小结

本章主要讲述了双色成型制品模流分析设置过程及两射组件重要的分析结果，并对双色成型中常见的问题与解决方法进行了列举，以期能对读者模拟分析双色制品时起到指导作用。

思考与练习

11-1　双色注塑成型的原理是什么？

11-2　模拟分析双色制品（一射组件塑胶材质为 SAN，二射组件塑胶材质为 PC）的成型过程。

11-3　如何解决双色制品缩水严重的问题？

第 12 章　Insert molding 成型案例分析

12.1　Insert molding 成型原理

Insert molding 成型是指在模具型腔内装入预先准备的 Insert，然后合模进行塑胶的注射。熔融的塑胶材料充满 Insert 以外的型腔空间，凝固后和 Insert 成为一体，开模后作为整体一起被顶出。从 Insert molding 的成型工艺可以看出，Insert 在塑胶制品内必须有牢固的定位，才不至于从塑胶制品上脱落。

Insert 的材质多为金属。Insert molding 成型利用塑料的易成型性、弯曲性与金属的刚性、强度及耐热性相互组合补充可结实地制成复杂精巧的金属塑料一体化制品，如图 12-1 所示。本案例中 Insert 材质采用铝合金。



图 12-1　Insert molding 成型原理

12.2　Insert molding 分析前处理

Insert molding 成型案例采用 3D 网格进行模拟分析。在生成最终的 3D 网格前，系统必须先在产品模型表面生成初始表面网格，并按照修补表面网格的程序消除一切表面网格缺陷，然后再转化成 3D 网格。需要注意的是，3D 网格不能像表面网格那样可以直接删除再进行修补动作。如果必须删除模型里的 3D 网格，需先删除所有 3D 网格，之后将“网格类型”由 3D 转换成表面网格，如图 12-2 所示，从源档模型重新划分表面网格并修补网格缺陷。在表面网格完好的情况下再将“网格类型”设置成 3D，再次利用“生成网格”指令生成 3D 网格。所以对一个 3D 执行删除，就必须对整个模型重新进行网格划分。一般不建议这么做。因此建议用户在表面网格段一次性消除网格缺陷，不要遗留问题网格，否则即使不影响 3D 网格的划分，也会影响 3D 网格的质量，修改起来很麻烦。

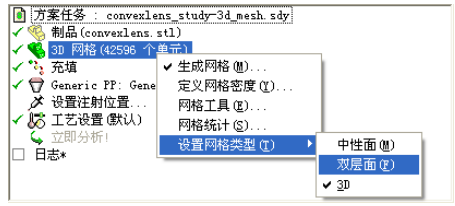


图 12-2　转化网格类型

在 Insert molding 成型分析中，系统不仅分析熔融塑胶在型腔内的流动，同时计算腔内塑胶和 Insert 及模具这三者之间热量传递对塑胶制品和 Insert 成型效果的影响。

1. 导入塑胶制品模型并划分 3D 网格

首先建立新的工程项目，导入制品模型。在导入时选择模型网格类型为 3D 网格，如图 12-3 所示。

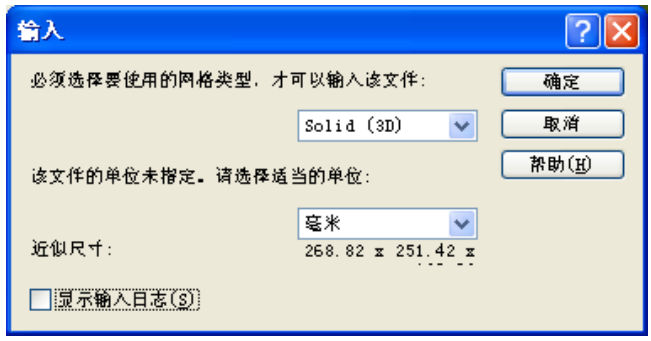


图 12-3　选择网格类型

接下来对制品模型划分网格。单击“生成网格”按钮，弹出如图 12-4 所示的提示对话框，提示用户这一步操作将生成初始表面网格。

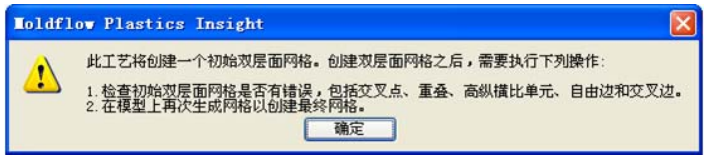


图 12-4　提示对话框

单击“确定”按钮，弹出“生成网格”对话框，如图 12-5 所示。在模型表面生成表面网格后，用户需要仔细检查表面网格是否存在缺陷。如果表面网格存在缺陷，参照一般修补表面问题网格的方法进行修补。

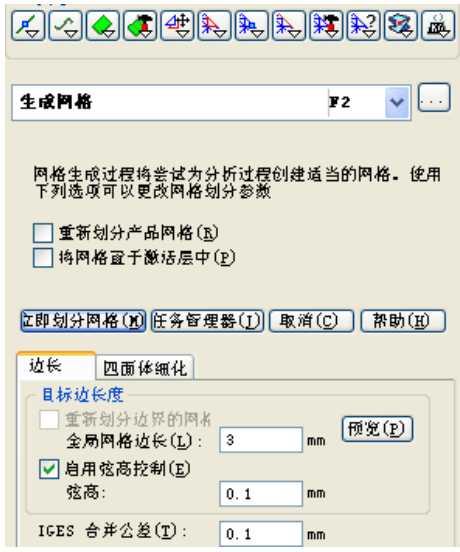


图 12-5　划分初始表面网格

在初始表面网格段，最大网格纵横比不要超过 25，建议的网格纵横比在 15 或以下，这样有助于提高分析结果的精度。初始表面网格的边长值决定 3D 网格的边长值，所以不宜将初始表面网格的边长值设定得太大，这样生成的表面网格面积比较小，在模型厚度上划分多层 3D 网格后不会使内层 3D 网格过于扁平，接近表层的内层 3D 网格顶点不会有凸出模型表面的趋势。

初始表面网格生成后，查看网格质量。单击“网格统计”按钮，弹出“网格统计”对话框，如图 12-6 所示。

在全部初始表面网格完好的情况下再次进行网格划分。单击“生成网格”按钮，弹出“生成网格”对话框，如图 12-7 所示。3D 网格划分有以下几个重要控制选项。

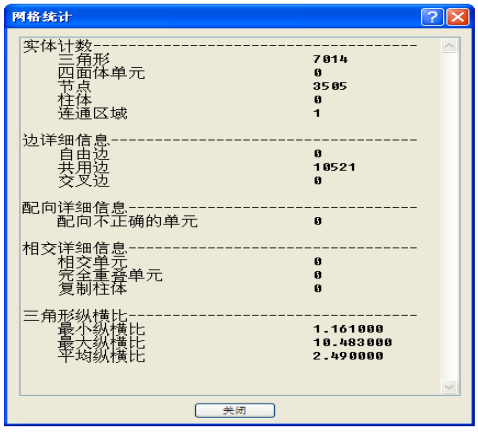


图 12-6　“网格统计”对话框

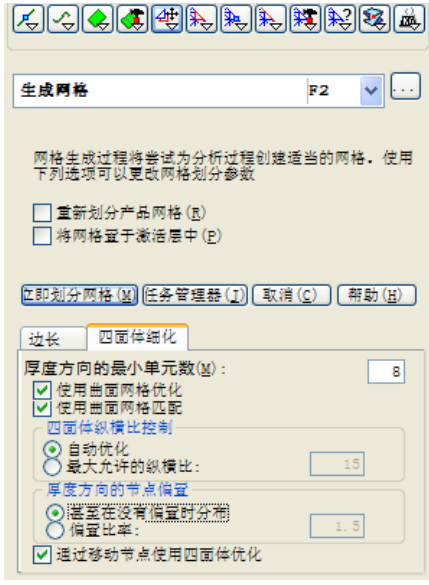


图 12-7　划分最终 3D 网格

（1）厚度方向的最小单元数。在制品任意部位厚度上 3D 网格的最小层数。增加最小层数值会提高分析结果的精度，网格的数目和分析计算的时间同时也会增加；减少最小层数值，可能会降低某些分析结果的精度，尤其是一些涉及能量在模型厚度上传递的计算，如温度等。针对常规分析类型，在厚度上保证 6 层 3D 网格就可以得到准确的分析结果；对于特殊的分析，有时要求网格层数不能少于 10 层。另外需要特别注意的是，初始网格边长值应能够满足 3D 网格层数的划分。本案例中，由于涉及塑胶与铝质 Insert 之间热量传递与收缩的相互影响，将预生成的 3D 网格最小层数设置为 8 层。

（2）四面体纵横比控制。有两种控制方法，分别为“自动优化”式和“最大允许纵横比”式。划分 3D 网格采用最大纵横比控制法时，需手动设定允许的最大纵横比值。默认的最大纵横比值为 15，对于不同尺寸和厚度的产品，建议最大纵横比不要超过 25。

（3）厚度方向的节点偏置。为了满足模型不同部位厚度上 3D 网格的划分，有两种节点偏置控制方式。为了从整体上保证 3D 网格划分的质量，建议采用默认的控制方式。

单击“立即划分网格”按钮，3D 网格划分完成，如图 12-8 所示。图 12-9 为制品厚度上网格的划分效果。



图 12-8　制品 3D 网格模型

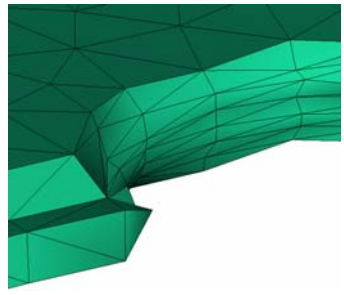


图 12-9　模型局部厚度方向剖视图

2．导入 Insert 模型并划分 3D 网格

（1）导入 Insert 模型并划分网格。在同一个工程项目中导入 Insert 模型，操作步骤参照导入塑胶制品模型的过程，同样将 Insert 网格类型设置为 3D 网格，在模型厚度上保证 8 层网格。

（2）赋予 Insert 3D 网格“制品镶件”的属性。选中所有 Insert 3D 网格，选择“编辑”下拉菜单中“指定属性”指令，弹出“指定属性”对话框，如图 12-10 所示。单击“新建”按钮，选择“制品镶件”指令，单击“确定”按钮。Insert 3D 网格的颜色由蓝色变为灰色，如图 12-11 所示。



图 12-10　“指定属性”对话框



图 12-11　Insert 网格

（3）将划分好网格的 Insert 添加入塑胶制品案例中。选择“文件”下拉菜单中“添加”指令，弹出“选择要添加的模型”对话框，如图 12-12 所示。将文件类型显示为*.sdy 档，选择 Insert 所在的案例文件，然后双击它，Insert 模型便被成功导入塑胶制品模型所在的案例文件中，如图 12-13 所示。

Insert 模型网格的主要问题就是与塑胶制品模型网格在接触面处的吻合度问题。建议读者在转档时，对两个模型采取相同的控制精度（具体方法在前章的模型转档中已详细讲解过，请参考 3.3 节“编辑输出模型的精度”。对塑胶制品 part 档和 Insert part 档选择同一个坐标系，这样可以保证两个模型添加到一起后不出现错位；偏差控制采用相同的弦高和角度控制值，可以使两个模型添加到一起后在圆弧过渡处等非平面部位贴齐，消除两个模型接触面处网格间隙和交错现象，使接触面处的网格处于良好接触状态。Insert 网格和塑胶制品网格的大小不必完全一样，但接触面部位的网格必须贴齐，如图 12-14 所示。

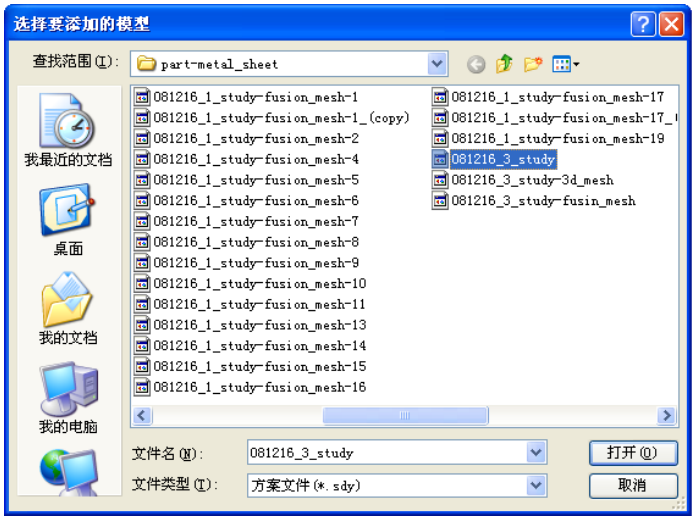


图 12-12　“选择要添加的模型”对话框



图 12-13　添加 Insert 到塑胶制品

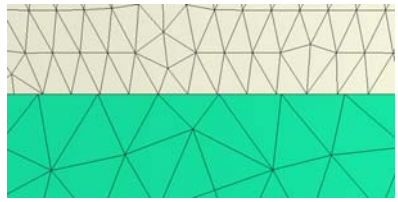


图 12-14　网格对比

12.3　编辑 Insert 属性

如需编辑 Insert 属性，选中 Insert 3D 网格，单击鼠标右键，选择属性，弹出“制品镶件（3D）”对话框，如图 12-15 所示。首先选择 Insert 材质，Insert 材质有两种，分别是金属质地和树脂质地，默认为金属质地。



图 12-15　“制品镶件（3D）”对话框

单击后面的“选择”按钮，弹出“选择镶件/标签/型芯材料”对话框，如图 12-16 所示。系统默认的镶件材质为 P-20。

单击“选择”按钮，弹出“选择 模具材料”对话框，如图 12-17 所示。



图 12-16 “选择镶件/标签/型芯材料”对话框

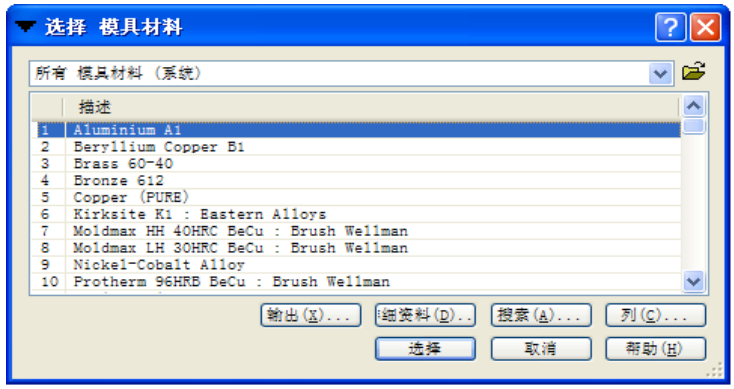


图 12-17 “选择 模具材料”对话框

拖动滑动按钮，选择需要的模具材质。本案例中 Insert 材质为铝，选择第一行 Aluminium Al，单击“选择”按钮。Al 便会出现在图 12-16 的模具材料文本框中。单击图 12-16 中的“编辑”按钮，弹出“模具属性”对话框。选择“属性”按钮，弹出“模具材料”属性对话框，如图 12-18 所示。在这里可以编辑模具材料的各项属性数据，如模具比热容、模具热传导率、模具热膨胀系数等。



图 12-18 “模具材料”对话框

12.4 创建浇注系统

制品采用的成型材料为 PC+ABS，牌号为 Retain 8209，制造商为 Dow Chemical USA。采用扇形浇口、一模两穴成型。

12.4.1　复制型腔

由于产品的造型呈流线型，一模两穴成型时为了简化模具结构，另一模穴从第一个模穴平移复制产生，如图 12-19 所示，而非通常的旋转复制模穴产生。这样排穴模具公、母模侧的成型机构形状一致，便于模具型腔的加工。

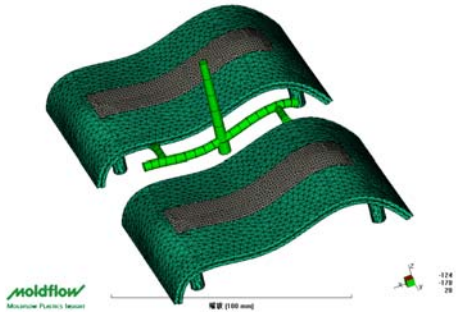


图 12-19　制品与浇注系统

主流道垂直于 *xy* 平面，两穴制品进浇点未在同一位置，分布于主流道两侧，如图 12-19 所示。模具的分模面与制品造型的走势一致，呈流线状。为了便于流道的加工，将流道设计成和模具分模面走势一样的爬坡式流道。

12.4.2　创建爬坡式流道

案例中两模穴采用爬坡式分流道。爬坡式分流道的创建过程如下。

（1）确定模具在制品上的分模面，如图 12-20 所示。

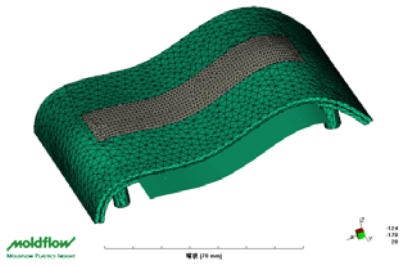


图 12-20　制品上模具分模面

（2）确定进浇位置。由于两穴进浇点未在制品上同一位置，在选择进浇点位置时一定要注意两穴充填平衡性。制品上浇口如图 12-21、图 12-22 所示。



图 12-21　模穴一浇口位置

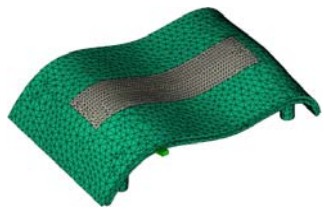


图 12-22　模穴二浇口位置

（3）创建分流道样条线的节点。利用主流道两侧制品上对应分模面处节点创建中心节点，如图 12-23 所示。这些中心节点中有三个位置特殊的节点，分别是两个分流道与分流道的交点和一个主流道与分流道的交点。建议这三个节点从相关参照点直接偏移生成。

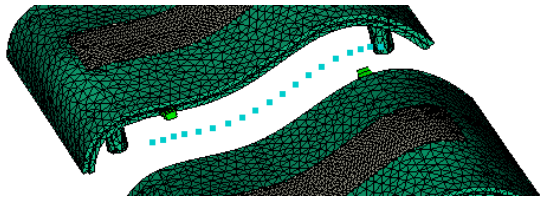


图 12-23　样条线节点

（4）创建分流道样条线。选择“创建曲线”中“样条曲线”指令，将图 12-23 中的节点分四次创建，四条相连的样条曲线，这四条曲线将分别作为两条分流道的轴线和两条分流道末端冷料井的轴线，如图 12-24 所示。

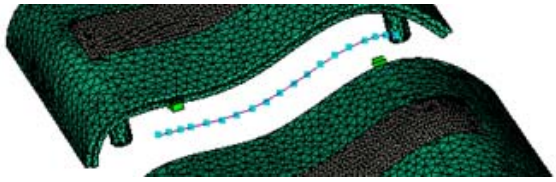


图 12-24　分流道轴线

（5）创建爬坡式分流道。赋予图 12-24 中轴线冷流道的属性，生成爬坡式分流道，如图 12-25 所示。在划分分流道一维单元时，尽量保证每段轴线上不少于三节杆单元。

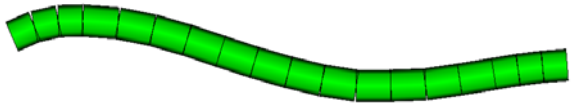


图 12-25　爬坡式分流道

12.5　Insert molding 分析结果解析

在 3D 网格分析中，浇口尺寸采用浇口内有效流动面积，所以在结果显示中，浇口形状一般不是当初手动创建的截面形状，而已经被换算成截面形状为圆的圆柱或圆锥形浇口。查看 3D 网格分析结果时经常用到剖切平面，可以使用户清楚地看到制品厚度上量的变化。

图 12-26 为注塑过程中不同时刻熔融塑胶流动前沿的形态。

图 12-27 为流动前沿处的温度。设定的初始熔体温度为 263.0℃。塑胶流动前沿的温度在靠近浇口附近有小幅上升，但在接近充填末端时，温度下降幅度较大，尤其在塑胶流经与 Insert 贴齐的塑胶件壁厚最薄的区域后，温度降至 239.0℃。

【注意】　如果流动前沿的温度在某一区域降至玻璃态温度以下，就会出现滞流或短射。

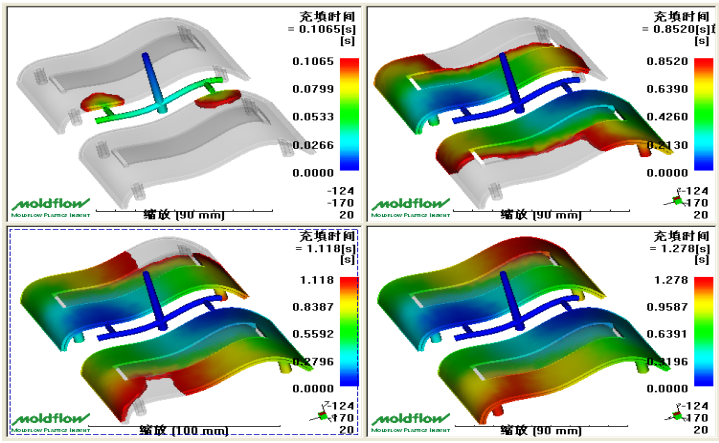


图 12-26　充填时间

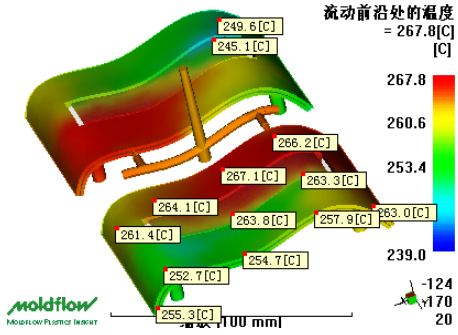


图 12-27　为流动前沿处的温度

图 12-28 为塑胶件的密度。密度结果显示的是塑胶是否受到均匀保压。型腔充满之后进入保压阶段，型腔内塑胶密度的不同引起补收缩材料的流动。如果某一区域内塑胶密度小于周围区域，那么在保压段塑胶就会流向那个区域，直至型腔内塑胶的密度趋于一致。此时塑胶的流动会受到料流的可压缩性和热膨胀性的影响，如同在注射段一样。

需要注意的是“密度”结果中显示的制品不同部位的密度值并不是制品完全冷却后的最终密度值，它记录的密度值发生在制品上一点压力为零或制品温度达到玻璃态温度（哪一种最先实现就以哪一种为准）时。制品在顶出后会继续冷却，密度还会发生变化。

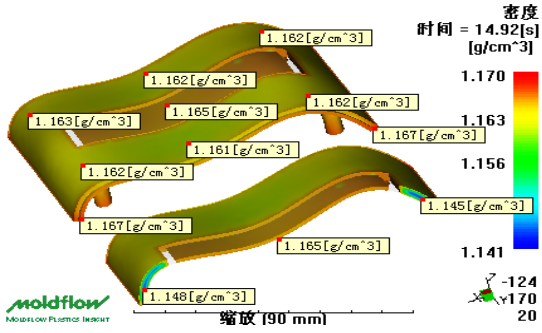


图 12-28　塑胶件密度

图 12-29 为制品在成型过程中厚度上温度的变化。注意制品的温度不能超过塑料的绝对熔体温度，否则塑料在型腔内可能发生分解。案例中成型材料的绝对熔体温度为 340℃，设置的熔体温度为 263℃，局部区域熔体温度上升幅度很大，说明塑胶在流动的过程中受到较多的摩擦热和剪切热，应注意降低注射速度，以防塑胶过热分解。

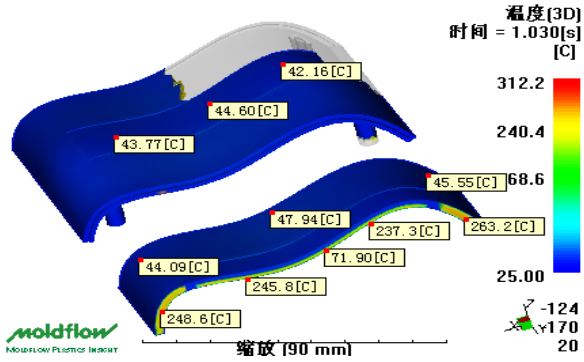


图 12-29　温度（3D）

图 12-30 为冷却结束时制品显示的温度。

图 12-31 为冷却结束时模壁温度。

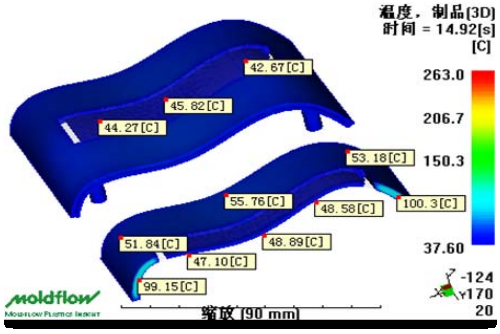


图 12-30　制品温度

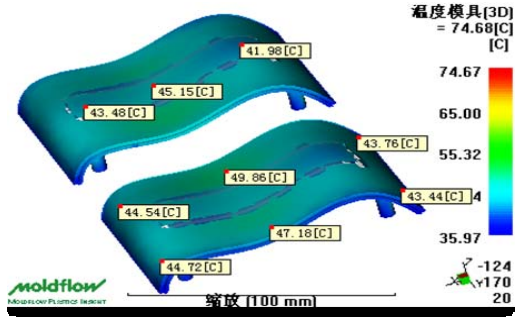


图 12-31　模具温度

图 12-32 为冷却结束时镶件的温度。

图 12-33 为冷却结束时制品和模壁温度差。

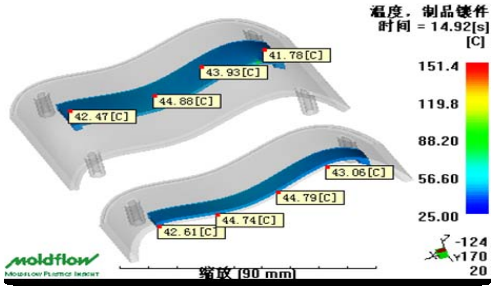


图 12-32　制品镶件温度

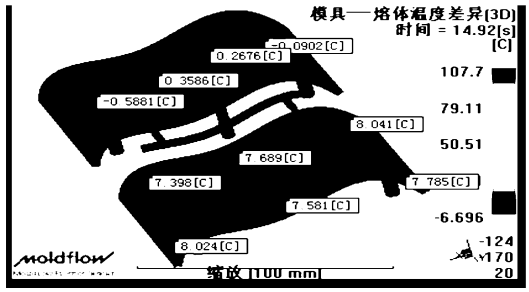


图 12-33　制品和模壁温度差

图 12-34 为制品和 Insert 整体翘曲变形量和在三个轴向的单独变形量。

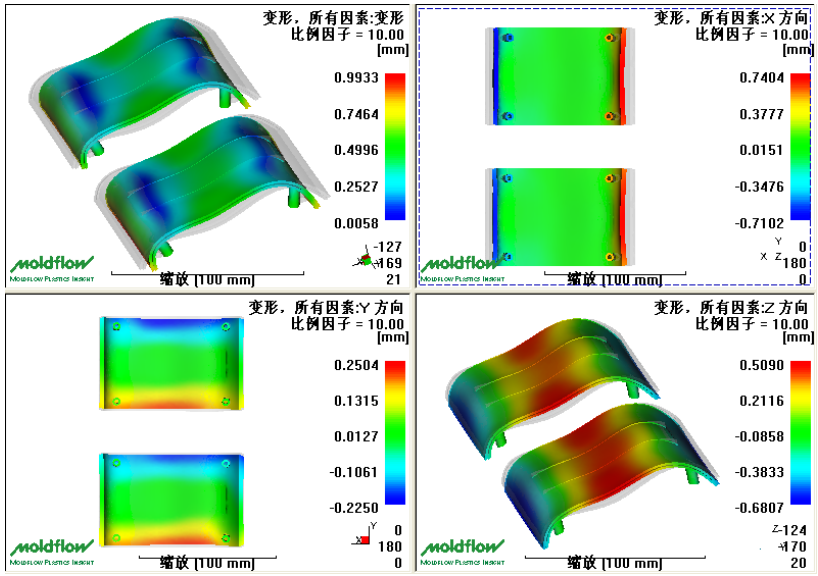


图 12-34　制品和 Insert 翘曲变形量

12.6　Insert molding 成型常见问题与解决方案

【问题一】　Insert molding 制品易开裂。

【解决方法】　如果是因为塑胶材料与 Insert 材质的热膨胀系数差异过大，塑胶件内的 Insert 会妨碍塑胶件的整体收缩，Insert 与塑胶件之间产生很高的相互作用力，塑件与 Insert 接触的部位会聚集过高的残余应力，如果超过塑胶的弹性极限，塑胶件就会开裂。这时可以尝试对 Insert 进行预热，避免使高温熔融塑胶碰到温度很低的 Insert 骤冷产生应力。另外，应尽量选用与塑胶线膨胀系数相近的 Insert 材质；改变浇口类型，将压力损失大的浇口改为压力损失小、可以提高型腔内压力传递率的浇口类型，这样在不高的注射压力和保压压力下，同样可以成型出高品质制品；改善成型工艺，在可以保证制品成型质量的前提下将注射压力和保压压力、保压时间降至最低，减少塑件内残余应力的产生。

【问题二】　注射过程中 Insert 易移位，使制品产生毛边。

【解决方法】　增强 Insert 在模具上的定位；控制 Insert 的制造公差，提高 Insert 的精度；进浇位置不要太靠近 Insert，尽量避免塑胶进入型腔后直冲 Insert。控制熔融塑胶在浇口附近型腔的流速，使塑胶以较慢的流速经过浇口进入型腔，形成平稳的流动前沿后再提高射速。

本章小结

本章主要讲述了应用 3D 网格进行 Insert molding 制品进行模流分析，对 3D 网格的划分、Insert molding 设置过程及重要的分析结果进行了详细的讲解。并对 Insert molding 成型中常见的问题与解决方法进行了列举，以期能对读者模拟分析 Insert molding 制品时起到指导作用。

思考与练习

12-1　Insert molding 的成型原理是什么？

12-2　划分 3D 网格时应注意的问题有哪些？

12-3　如何提高利用 3D 网格分析的精度？

12-4　模拟分析 Insert molding 制品（塑胶制品材质为 PA+30GF， Insert molding 材质为 Al）的成型过程。

12-5　如何解决 Insert molding 制品易开裂的问题？

第 13 章　光学双折射案例分析

双折射是塑料光学元件面临的主要成型问题。双折射会使透过光学元件的光线产生相位差，在成像时出现双重影像，对成像效果造成不良影响，且很难通过像差矫正来完全消除。

双折射主要由塑料制品内部光学各向异性所致。充填过程中塑胶分子定向及由此产生的热应力是注塑成型的塑胶光学元件产生双折射的主要原因。

现在可以运用 Moldflow 翘曲模块中“3D 网格双折射分析”功能来分析成型过程对塑料光学元件品质的影响，预测在当前制品造型、成型工艺下塑胶下光学元件成型后，从不同的光学指标判断制品是否存在光学缺陷，并可根据当前存在的问题，做出及时的改善与调整，从而达到在模具设计段消除制品成型缺陷、快速投入量产的目的。

为了使读者更好地应用 Moldflow 双折射分析功能，我们先来讲述双折射原理。

13.1　光学双折射原理

光波是一种横波。光波矢量的振动方向垂直于光的传播方向，光振动的方向特性即光的偏振性。根据光矢量对传播方向的不对称情形，光可分为自然光和偏振光。

13.1.1　自然光和偏振光

普遍光源如太阳、白炽灯、钠灯等发光时，各光波列振动方向、频率和位相不尽相同，光矢量在垂直于光传播方向的平面上取各方向的概率相等，自然光可分解为任意两个方向互相垂直、振幅相等的、没有任何相位关系的偏振光，即光矢量具有轴对称性、均匀分布、各方向振动的振幅相同的特性。将光矢量的振动相对于传播方向失去对称特性的光统称为偏振光。

13.1.2　晶体双折射现象

双折射时产生的两束折射光是振动面相互垂直，质量很高的偏振光。实验证明，其中一束偏振光遵循折射定律，称为寻常光或 o 光，另一束不遵循折射定律称为非常光或 e 光。这两束光的传播速度有快慢的差异，经过在传播路径上的累计后，会产生光波相位上的落差，称为光的相位差。它们在透明介质中经过的路径越长，射出后两束光线分得越开，如图 13-1 所示。

当自然光沿任意方向入射到晶体表面上时，将在透明材料内沿两个不同方向产生两束折射光，这就是双折射现象。这是由于晶体的各向异性造成的。

在晶体材料中，还存在某些特殊方向，当自然光沿该方向入射时，o 光、e 光将沿相同方向以相同速度传播，这时就不会出现双折射现象。这个方向称为晶体的光轴。

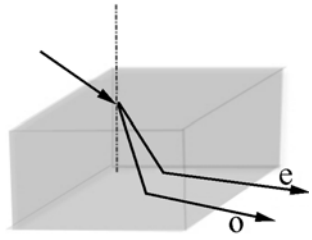


图 13-1　寻常光和非常光

13.2 热塑性材料应力双折射现象

一些晶体物质在没有应力的情况下也会产生双折射现象。但绝大多数塑胶材料属于非结晶性（非结晶性塑料并不是绝对不存在结晶现象，只是结晶率非常低），晶体双折射现象在非结晶性塑胶材料制品光学缺陷中占的概率很小，而制品内部的残余应力会使制品产生一定程度的各向异性，这是引起制品出现双折射的主要诱发原因。在以下小节中我们将重点讲述热塑性塑胶材料应力双折射现象。

利用偏振光观察应力比较大的透明塑胶制品时，由于寻常光和非常光存在相位差，在传播的过程中出现光波的叠加和抵消，使光线在亮度上相互消长，产生明暗相间的干涉条纹。条纹级数与材料内部的主轴应力差值成正比，代表着材料受力的状况。

对于多数透明材料制品，光的折射率与光的传播方向和光的偏振无关，但是制品内部的应力会改变穿过的光线的折射率。如果制品内部各个方向上应力分布不均，那么经过此处的光的折射率就取决于入射光线偏振的程度。双折射对制品光学性能的影响跟制品内部主轴应力方向、光线的入射角度和偏振程度有关。

光在穿过制品时，即使光是垂直射入制品表面，如果光的传播方向与制品内部主轴应力不平行，在折射光线中就会出现正常折射光（o 光）和非常折射光（e 光）。这两种光线的速度有快慢上的差异，经过传播路径上的累计，射出后两束光线会出现偏离，产生双重影像，影响塑料光学元件的成像品质。

13.3 热塑性材料应力双折射流程

在本节中我们将讲述完整的热塑性塑胶材料应力双折射分析流程。

13.3.1 导入制品模型

单击“导入模型”指令，选择副本文件，单击“确定”按钮，弹出“输入”对话框，如图 13-2 所示。选择网格类型为“3D”。请注意，应力双折射分析需要精确计算制品不同部位的应力对双折射光线的影响，在 Moldflow 6.1 中，只有 3D 网格支持应力双折射分析选择模型单位为“毫米”。单击“确定”按钮，弹出“创建工程”对话框，如图 13-3 所示。在“工程名称”文本框输入工程名称，在“创建位置”文本框选择文件保存路径。



图 13-2 “输入”对话框

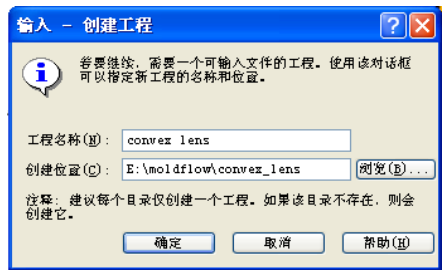


图 13-3 “创建工程”对话框

单击“确定”按钮，透镜被成功导入 Moldflow 中，如图 13-4 所示。

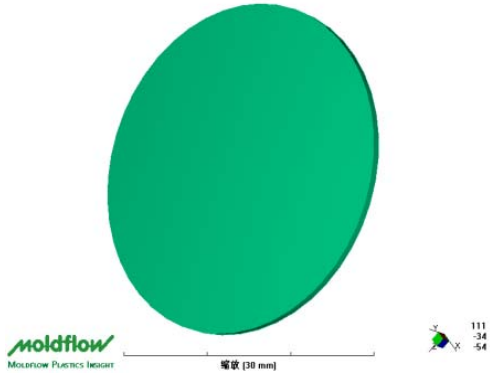


图 13-4　透镜模型

13.3.2　设置成型工艺和分析类型

单击“分析”按钮，在“选择成型工艺”中，选择“热塑性注塑成型”指令。为了得到确切的双折射分析结果，选择在“设置分析顺序”中选择完整的过程，选择的分析序列为“冷却+流动+翘曲”。

13.3.3　选择成型材料

案例中透镜的成型材料为 PMMA。PMMA 具有优良的光学特性及耐气侯变化特性，白光的穿透性高达 92%，经常用做各种普通镜片或光学元件的制造。本次我们采用 Moldflow 材料数据库中光学属性数据已得到准确验证、牌号为 Sumipex HT55X 的 PMMA，它的制造商为 Sumitomo Chemical Company。图 13-5 是 Sumipex HT55X 的“光学属性”对话框。



图 13-5　“光学属性”对话框

对话框中的重要数据包括未取向材料的折射率 1.49、应力—光学系数和在参考温度下黏弹性光学延迟谱。

目前 Moldflow 6.1 中只有六种透明塑胶材料包含经过精确检测得到的光学属性数据。用户如需对这六种以外的透明塑胶材料进行双折射分析，必须输入必要的光学属性数据，包括未取向材料的折射率、应力—光学系数和在参考温度下黏弹性光学延迟谱，而且这些数据必须经过严格、精确的检测，才能真实地预测透明元件是否存在光学缺陷。

13.3.4 划分 3D 网格

3D 网格一般数目很大，在 3D 网格案例中进行建模操作速度相比表面网格和中面网格较慢。模型导入后，建议首先查看模型的定向。如果模型定向和开模方向有误，应在划分 3D 网格之前将模型按正确开模方向定向。

单击“生成网格”按钮，首先弹出如图 13-6 所示的对话框，提示用户这一步操作将先生成初始表面网格。在模型表面生成表面网格后，用户需要仔细检查表面网格是否存在缺陷。如果表面网格存在缺陷，参照一般修补表面问题网格的方法进行修补。在初始表面网格完好的情况下再次进行网格划分，才能生成高质量的 3D 网格。

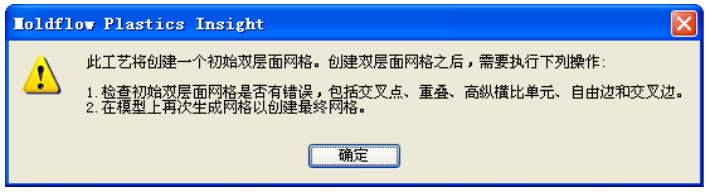


图 13-6　3D 网格生成信息对话框

单击“确定”按钮，弹出“生成网格”对话框，如图 13-7 所示。可以看到，在生成 3D 网格前，这一步生成初始表面网格相对于生成最终表面网格的控制方式少了匹配率的优化等控制途径。

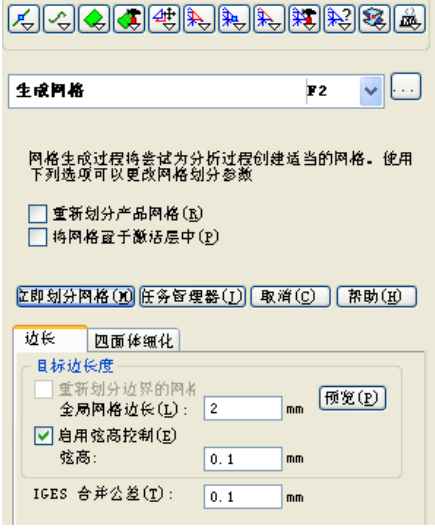


图 13-7　“生成网格”对话框

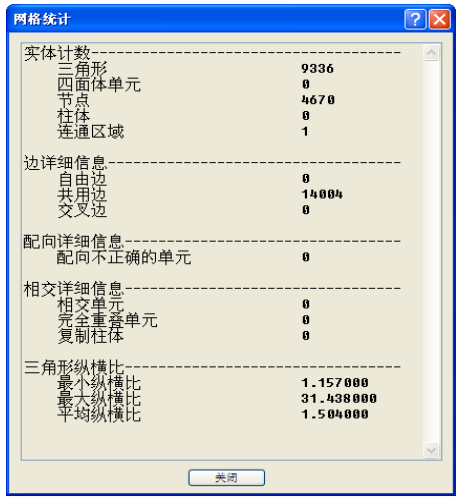


图 13-8　“网格统计”对话框

初始表面网格的边长值决定 3D 网格的边长值，所以不宜将初始表面网格的边长值设定得太大，这样生成的表面网格面积比较小，在模型厚度上划分多层 3D 网格后不会使内层 3D 网格过于扁平，接近表层的内层 3D 网格顶点不会有凸出模型表面的趋势。

初始表面网格生成后，查看网格质量。单击“网格统计”按钮，弹出“网格统计”对话框，如图 13-8 所示。

在网格信息统计栏没有网格匹配率的统计数据，只有其他必要的网格信息。从图 13-8 可以看出，初始表面网格除了有纵横比大于允许值外，并无其他网格缺陷。对于初始网格存在的所有问题，只需要参照修补最终表面网格的步骤逐一进行诊断和修补即可。

3D 网格对网格纵横比的要求相对表面网格和中面网格更为严格。建议在初始表面网格段将所有网格的纵横比控制在 15 以下，获得纵横比较小的 3D 网格。

将问题网格修补完毕后，再一次单击“生成网格”按钮，生成最终的 3D 网格。在“生成网格”对话框中，单击“四面体细化”按钮，设置 3D 网格的划分控制方式，如图 13-9 所示。在“厚度方向的最小单元数”文本框输入网格的最大控制层数。为了充分捕获双折射的细微变化过程，建议 3D 网格的层数至少控制在 10 层或更多，以此保证分析结果的精确度。根据以往多次 3D 网格划分的经验，模型上 3D 网格的层数与网格的纵横比必须对应。当分析的类型需要较多网格层数时，必须将初始表面网格的边长值控制到足够小，才能获得高质量的 3D 网格。

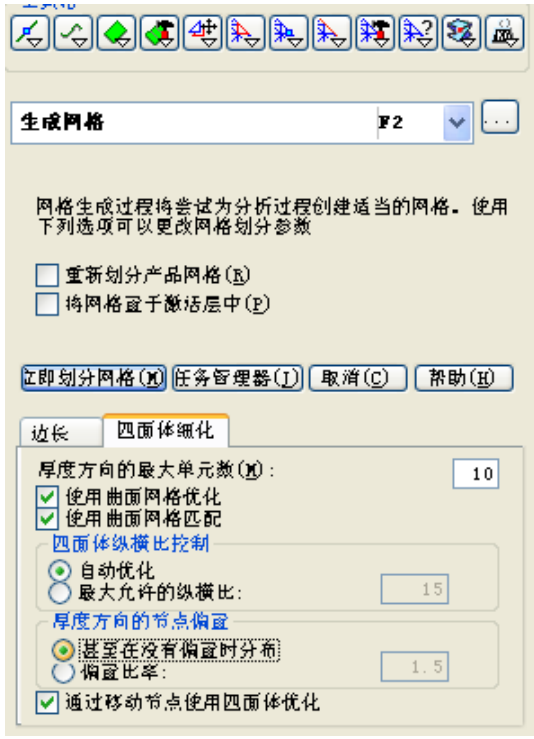


图 13-9　3D“生成网格”对话框

单击“立即划分网格”按钮，生成最终的 3D 网格，如图 13-10 所示。图 13-11 为模型局部厚度方向剖视图。

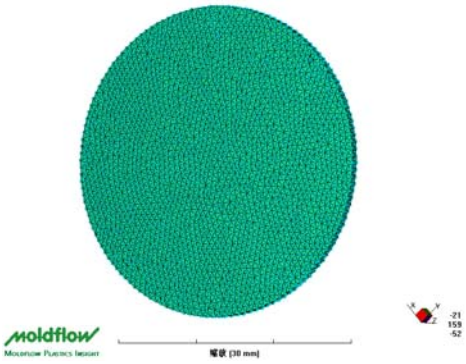


图 13-10　3D 网格模型

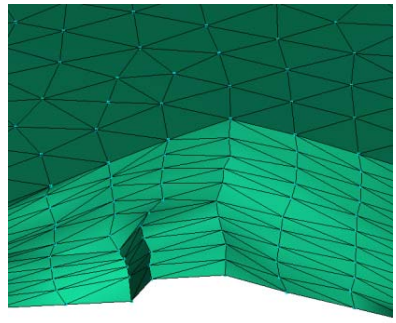


图 13-11　模型局部厚度方向剖视图

13.3.5　创建浇注系统

本案例中制品采用边浇口、两穴成型。模型及浇注系统如图 13-12 所示。为了最大限度地减少制品的内应力，我们采用 S 型流道，使熔融塑胶在进入型腔前形成平稳的料流。

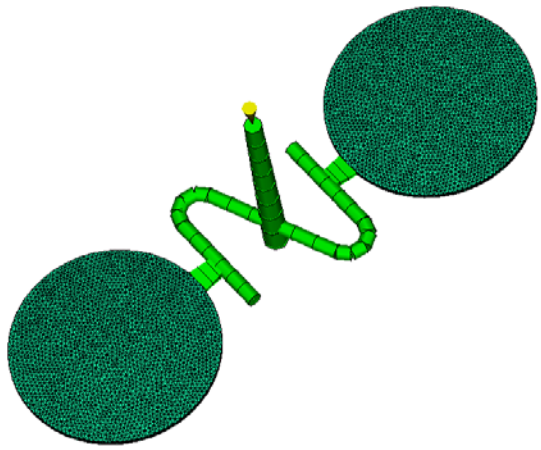


图 13-12　浇注系统

单击“连通性诊断”按钮，单击模型上任意实体，查看两穴制品的连通性。如果两穴制品与浇注系统均以蓝色显示，证明制品与浇注系统处于正常的连通状态；如果有实体以红色显示，表示蓝色实体与红色实体在分界未连通，应通过“合并节点”或其他方式进行修补。

13.3.6　创建冷却系统

为了使两穴制品得到均衡的冷却，以使制品不同部位冷却收缩速率趋于一致，两个模穴的水路排布方式是完全一致的，如图 13-13 正视图和图 13-14 侧视图所示。冷却介质为 1#纯水，入水口水温为 50℃。

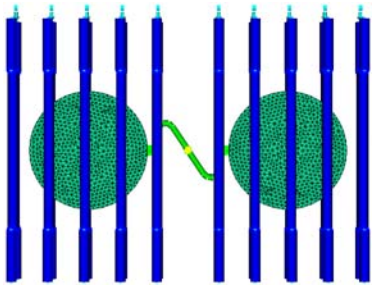


图 13-13　水路排布正视图

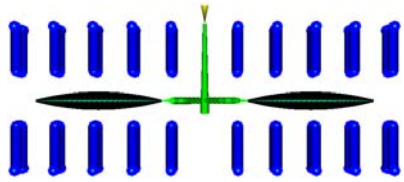


图 13-14　水路排布侧视图

单击“冷却回路诊断”按钮，查看水路是否正确设置。如果水路均处于正确的设置状态，就不会在主窗口显示诊断图标；如果存在未正确设置的水路，就会在主窗口右侧出现诊断图标，有问题的水路以红色高亮显示。经常出现的问题水路包括未设置入水口、重叠水路、同一回路存在未连通部分等。

13.3.7　成型参数设置

以下是成型参数详细设置过程。第一页为“冷却设置”页面，如图 13-15 所示。为了在前期得到一个合理的成型周期，“注射+保压+冷却时间”采用“自动”控制方式。

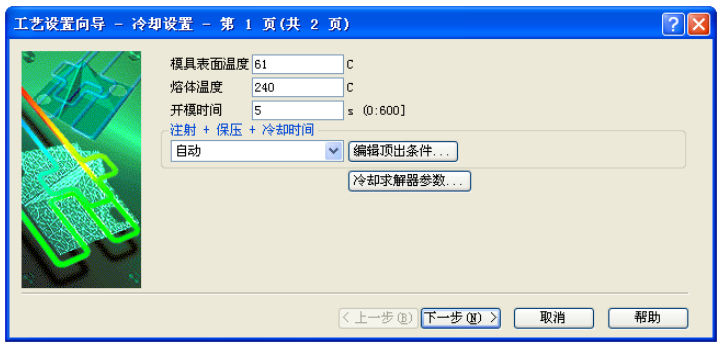


图 13-15　成型参数设置之“冷却设置”页面

第二页为“流动设置”页面，如图 13-16 所示。“充填控制”方式为注射时间 2.5s。“速度/压力切换”采用“自动”控制。

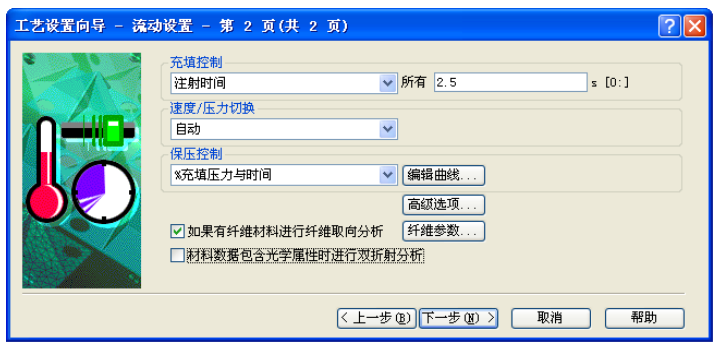


图 13-16　成型参数设置之“流动设置”页面

“保压控制”方式为“%充填压力与时间”，分两段保压。第一段保压压力为最高充填压力的 80%，作用时间为 2s；第二段保压压力为最高充填压力的 70%，作用时间为 2s，如图 13-17 所示。



图 13-17　保压控制曲线图

第三页为“翘曲设置”页面，如图 13-18 所示。勾选“使用网格聚合和第二顺序四面体单元”选项，优化分析时间。“并行的线程数”选用系统默认的“单一线程”。

如果选择单一线程，并行线程方案将不会被采用。用户可以指定线程数也可以选择最大线程数。如果用户选择最大线程数，在分析计算时将利用所有并行的处理器，会大大提高数据交换速率，缩短分析时间。

采用并行线程，AMG 矩阵求解器一定要处于勾选状态；采用单一线程时，AMG 矩阵求解器不会被应用。



图 13-18　成型参数设置之“翘曲设置”页面

13.3.8　双折射分析结果

在 3D 网格分析中，浇口尺寸采用浇口内有效流动面积，所以在结果显示中，浇口形状一般不是当初手动创建的截面形状，而已经被换算成截面形状为圆的圆柱或圆锥形浇口。

1．流动分析结果

图 13-19 为注塑阶段在不同的时刻，熔融塑胶在模具型腔内的充填情况。单击“动画”按钮，观察塑胶在型腔内的流动情况。可以看到，运用 3D 网格展现的是熔融塑胶在型腔内的真实流动行为。本案例中，熔融塑胶以呈略显凸状的流动前沿逐渐向远离浇口的型腔部位流动。

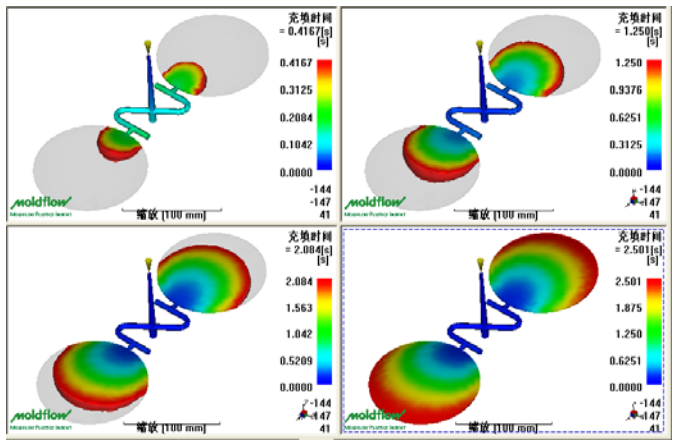


图 13-19　充填时间

图 13-20 为塑胶流动前沿处的温度。从结果查询数据可以看到，塑胶在进料口处的温度接近于流动参数页面中熔体的温度。在流经浇注系统的过程中，在摩擦和剪切的作用下熔体温度有小幅上升，进入型腔时温度由 240.0℃升至 242℃；流经浇口后，塑胶温度上升至 245.0℃；塑胶在浇口附近区域温度最高，达到 249.4℃；在流经型腔中部区域到流动路径末端，塑胶温度有小幅下降，但未低于 240℃。在整个充填过程中，塑胶温度为超过它的绝对熔体温度 300℃。

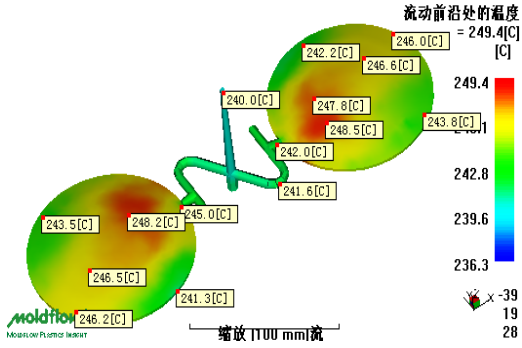


图 13-20　流动前沿处的温度

3D 制品温度是在成型过程中制品不同部位的温度变化。重点查看最高塑胶温度是否超过该塑胶最高绝对熔体温度 300℃，如果超过，塑胶在注射过程中很可能因局部过热而发生降解。本案例中塑胶在充填过程中的最高熔体温度为 258.4℃，超过初始设置的熔体温度 240.8℃，但未超过极限熔体温度 300℃。

单击“剖切平面”按钮，选择 *zx* 向剖切平面。选择“使激活”指令，弹出“移动剖切平面”对话框，可以选择“按距离”或“到某个点”的控制方式移动剖切平面。图 13-21 和图 13-22 显示的是剖切平面在两穴制品 *zx* 面中心位置时的剖切视图。图 13-21 是在 11.83s 时，制品与模壁接触的表层已完全凝固，温度接近当时的模壁温度；料流一旦停止流动，壁厚最薄的浇口温度下降最快；制品的造型决定了制品从边缘到中心，壁厚逐渐增加，在中心部位壁厚最厚，所以制品芯层温度最高，达 247.0℃。图 13-22 是在 30.00s 时，流道、浇口、制品表层和新层的温度变化。浇口处温度下降幅度最大，已经处于凝固状态；制品凝固层的厚度逐渐加厚，但芯层温度依然很高，需要较长的冷却时间才能使制品中心层温度降至转换温度以下。

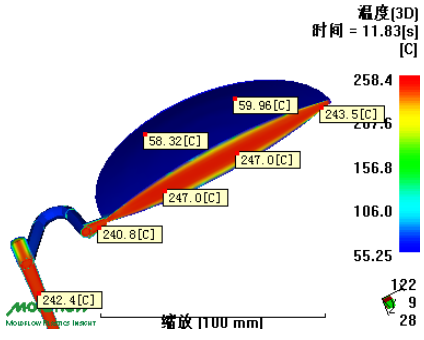


图 13-21　制品温度变化（时间＝11.83s）

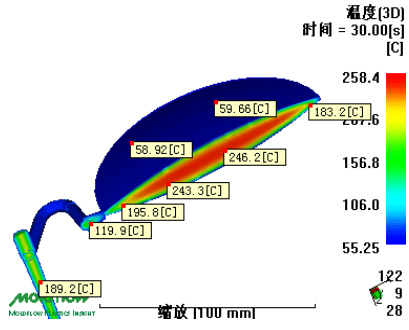


图 13-22　制品温度变化（时间＝30.00s）

2．翘曲分析结果

图 13-23 是制品的整体翘曲变形量和在 3 个轴向的单独翘曲变形量。由于制品为壁厚变化均匀过渡的圆形，整体收缩趋于一致，因此并无翘曲现象，变形量基本上是体积收缩的结果。

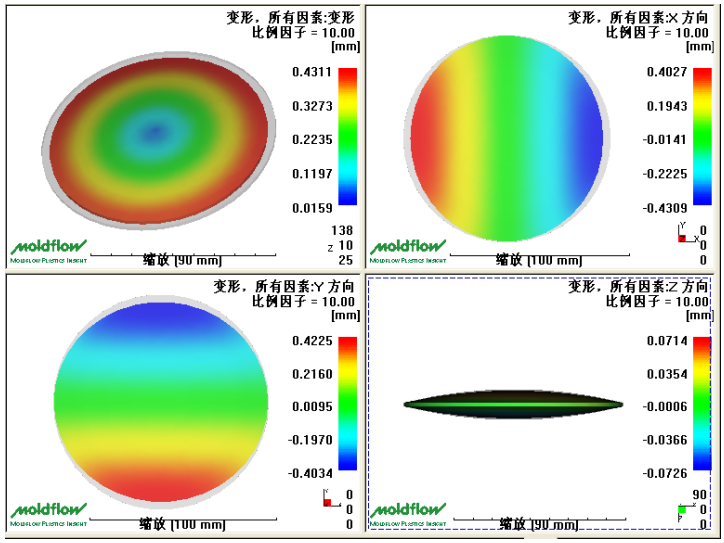


图 13-23　制品翘曲变形

图 13-24 为制品翘曲之后折射率相对于材料数据库中未翘曲前折射率的变化。一般用途的透明制品折射率变化量在 0.1 以内就可以接受，光学元件要求的射率变化量更小，具体标准依实际要求而定。案例中采用的塑料在未翘曲前的折射率为 1.49，经过注塑成型后，制品内因为残余应力的存在，使制品实际的折射率相对于塑胶原料的折射率发生了变化，变化量为 4.0606×10^{5}～0.0021266。图 13-24 显示的是制品表层折射率的变化和在不同厚度 *xy* 剖切平面折射率的变化。

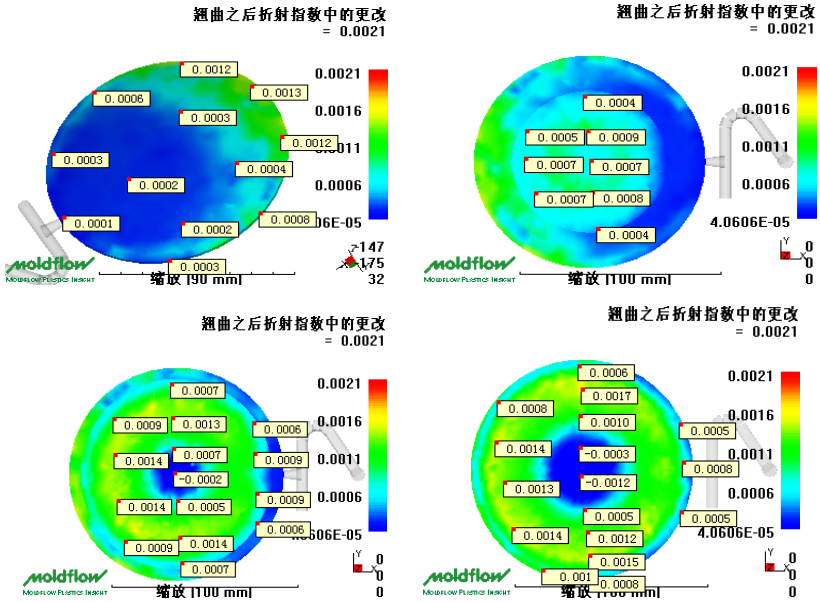


图 13-24　制品翘曲之后折射率的变化

图 13-25 为来自正负 z 向的光的相位移。制品内部的残余应力使制品呈现出各向异性的特征。穿过制品的光线，平行与光传播方向的偏振光波与垂直于光传播方向的偏振光波在穿过制品后产生相位移。如果射入光学元件的光为偏振光，或穿过一个光学元件的光还需要穿过另外一个光学元件，偏振光会在传播的过程中出现光波的叠加和抵消，使光线在亮度上相互消长，产生明暗相间的干涉条纹，严重影响光学元件的成像效果。

相位移超过 90° 的光会出现明显的偏振现象。重要光学元件的光相位移可根据实际要求控制在 30° 以内或更小。

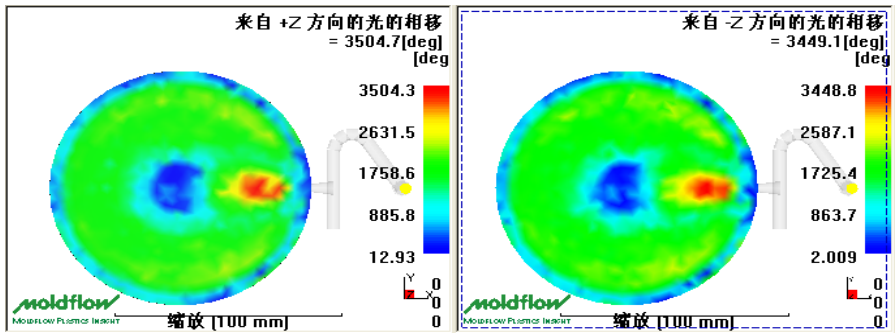


图 13-25　来自正负 z 向的光的相位移

图 13-26 为来自正负 z 向的光的迟滞。制品内部应力的分布会使穿过的光线发生偏振，平行与光传播方向的偏振光波与垂直于光传播方向的偏振光波的传播速度有差异，产生相位移，经过在制品内传播路径上的积累后，射出制品后会产生分离现象。分离的程度与光的偏振幅度、传播路径的距离有关。

系统以绿光的光波波长 546.1 nm 为标准，计算出来自 z 向的光穿过制品后分离的程度。相位移超过绿光波长 1/4 将使光波的偏振幅度相对于传播方向失去对称特性。重要光学元件的光的迟滞量可根据实际要求控制在 1/10 绿光光波波长以内或更小。

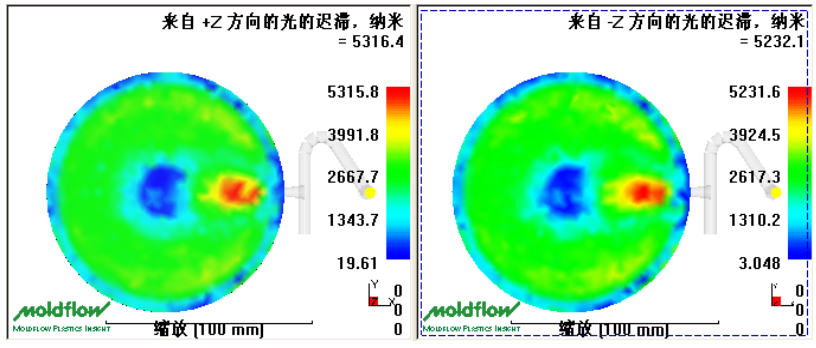


图 13-26　来自正负 z 向的光的迟滞

本章小结

本章主要讲述了应用 Moldflow 软件进行光学双折射分析。只有 3D 网格支持双折射分析。目前已经验证运用 Moldflow 可以对六种透明塑胶材料进行光学双折射分析，这六种透明塑料

的光学属性数据收录于材料数据库中。对光学双折射的原理及光学元件经常出现的光学缺陷做了详尽的解释，以期能对读者进行双折射模拟分析起到指导作用。

思考与练习

13-1　光学双折射的原理是什么？

13-2　光学元件经常出现的光学缺陷有哪些？在成型过程中如何才能有效地避免？

13-3　用于双折射分析的网格划分应注意哪些问题？